

**KARBONHİDRAT BAZLI YAĞ İKAME  
MADDELERİNİN POĞAÇA ÜRETİMİNDE  
KULLANIMI**

**SEHER SERİN**

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ  
ANA BİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MERSİN  
ARALIK – 2012**



**KARBONHİDRAT BAZLI YAĞ İKAME  
MADDELERİNİN POĞAÇA ÜRETİMİNDE  
KULLANIMI**

**SEHER SERİN**

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ  
ANA BİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Danışman  
Doç. Dr. Sedat SAYAR**

**MERSİN  
ARALIK – 2012**

Seher SERİN tarafından Doç. Dr. Sedat SAYAR danışmanlığında hazırlanan “Karbonhidrat Bazlı Yağ İkame Maddelerinin Poğaçaya Üretiminde Kullanımı” başlıklı bu çalışma aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından oy birliği ile Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

İmza

Prof. Dr. Ferruh ERDOĞDU

Doç. Dr. Sedat SAYAR

Doç.Dr. Sertaç ÖZER

Yrd.Doç.Dr. Salih AKSAY

Yrd.Doç.Dr. Aylin ALTAN METE

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Yukarıdaki Jüri kararı Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 08/01/2013 tarih ve 2013.1/6 sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. A. Murat GİZİR  
Enstitü Müdürü



## **KARBONHİDRATLI BAZLI YAĞ İKAMELERİNİN POĞAÇA ÜRETİMİNDE KULLANIMI**

**SEHER SERİN**

### **ÖZ**

Bu çalışmada geleneksel ve yağı azaltılmış poğaçta üretimi için optimum koşullar belirlenmiş ve farklı tipte ve farklı miktarlarda (5, 10, 15 g/100 g un) yağ ikame maddelerinin, yağı farklı seviyelerde azaltılmış (%20, %30, %40) poğaçta örneklerinin kalite özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir. Bu amaçla polidekstroz, maltodekstrin ve inülin olmak üzere üç farklı tip yağ ikamesi kullanılmıştır.

Üç farklı yağ ikamesinin farklı düzeylerde kullanılmasıyla elde edilen poğaçta hamurlarının uzama ve yapışkanlık özellikleri incelenmiştir. Pişmiş poğaçta örneklerinde ise yağ ikame maddesi kullanımının poğaçanın fizikokimyasal, tekstürel ve duyuşsal özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre, poğaçta hamuru özellikleri ve poğaçta kalitesi açısından kontrol örneğine (geleneksel poğaçta) en yakın sonuçlar %30 seviyesinde yağı azaltılmış ve maltodekstrin ilave edilmiş (5, 10, 15 g/100g un) örneklerden elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** poğaçta, yağ ikame maddeleri, unlu mamüller, yağ içeriğı azaltılmış ürünler.

**Danışman:** Doç. Dr. Sedat SAYAR, Mersin Üniversitesi, Gıda Mühendisliğı Ana Bilim Dalı.

## **UTILIZATION OF CARBOHYDRATE BASED FAT REPLACERS IN POGACA PRODUCTION**

**SEHER SERİN**

### **ABSTRACT**

In this study, the optimum conditions for the incorporation of different type of fat replacers on pogaca formulations was determined. For that purpose the fat replacers polydextrose, maltodextrin and inulin were used in three different amounts (5, 10, 15 g/100 g flour) in pogaca formulations where the fat reduced by 20%, 30% and 40%.

The effects of fat reduction and replacement by the three different fat replacers on the extensibility and stickiness of pogaca dough was determined. Additionally, physicochemical, textural, sensory analyses were conducted on the baked pogaca.

According to these results, the pogaca formulations where the fat reduced by 30% and replaced by 5, 10 and 15 g (100 g flour basis) maltodextrin has the very similar results with the control sample in terms of the properties of pogaca dough and pogaca quality.

**Key Words:** Pogaca, fat replacers, bakery products, product with reduced fat.

**Advisor:** Doç. Dr. Sedat SAYAR, Mersin University, Department of Food Engineering.

## **TEŞEKKÜR**

Tez çalışmam boyunca çalışmalarımın her aşamasında bilgileriyle beni yönlendiren ve bana her konuda yardımcı olan değerli tez hocam Doç. Dr. Sedat SAYAR'a en içten saygılarımı ve teşekkürlerimi sunuyorum.

Çalışmalarında sundukları imkanlardan ve yardımlardan dolayı Mersin Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'ne ve Bölüm Başkanı Prof. Dr. H. İbrahim EKİZ'e en içten saygılarımı ve teşekkürlerimi sunuyorum.

Yardımlarından dolayı Yrd. Doç. Dr. Salih Aksay'a en içten saygılarımı ve teşekkürlerimi sunuyorum.

Tez yazımım boyunca dostluğunu ve sevgisini esirgemeyen bölüm arkadaşım Ar.Gör. Özge KURT'a,

Her zaman yanımda olan ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen Kamuran ÖZTOP ve Sevcan İLHAN'a,

Çalışmam boyunca bana sağladıkları motivasyon ve destekleri nedeniyle tüm öğretim elemanı arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Tez çalışmamda kullandığım cihazların temininde katkılarından dolayı BAP'a teşekkür ederim.

Her zaman yanımda olan ve sevgilerini her daim hissettiğim aileme, sonsuz sevgilerimi ve teşekkürlerimi sunuyorum.

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

|  |      |
|--|------|
| ÖZ.....  | i    |
| ABSTRACT .....   | ii   |
| TEŞEKKÜR .....   | iii  |
| İÇİNDEKİLER .....  | iv   |
| ÇİZELGELER DİZİNİ .....  | vi   |
| ŞEKİLLER DİZİNİ .....  | viii |
| SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ .....                                    | ix   |
| <br>   |      |
| 1.GİRİŞ .....  | 1    |
| 2.KAYNAK ARAŞTIRMALARI .....   | 3    |
| 2.1.POĞAÇA .....   | 3    |
| 2.2.YAĞ İKAME MADDELERİ .....  | 4    |
| 2.2.1.Karbonhidrat Bazlı Yağ İkameleri .....                         | 6    |
| 2.2.1.1.Polidekstroz.....  | 6    |
| 2.2.1.2.Maltodekstrin .....  | 8    |
| 2.2.1.3.İnülin .....   | 10   |
| 2.2.2.Protein Bazlı Yağ İkame Maddeleri.....                         | 11   |
| 2.2.3.Yağ Bazlı Yağ İkame Maddeleri.....                             | 12   |
| 2.3.FIRINCILIK ÜRÜNLERİNDE YAĞ İKAME MADDELERİNİN<br>KULLANIMI ..... | 13   |
| <br>   |      |
| 3.MATERYAL VE YÖNTEM.....  | 18   |
| 3.1.MATERYAL .....   | 18   |
| 3.2.YÖNTEM.....  | 20   |



|   |           |
|---|-----------|
| 3.2.1. Geleneksel Poğaçanın Hazırlanması .....                                    | 19        |
| 3.2.2. Yağı Azaltılmış Poğaçaların Hazırlanması .....                             | 21        |
| 3.2.3. Unda Yapılan Analizler.....  | 22        |
| 3.2.3.1. Kimyasal Analizler.....  | 22        |
| 3.2.3.1.1. Rutubet Miktarı Tayini.....  | 22        |
| 3.2.3.1.2. Kül Miktarı Tayini .....   | 22        |
| 3.2.3.2. Fizikokimyasal Analizler .....   | 22        |
| 3.2.3. Unda Yapılan Analizler.....  | 22        |
| 3.2.3.2.1. Sedimentasyon Değeri Tayini .....                                      | 22        |
| 3.2.3.2.2. Düşme Sayısı Tayini .....  | 22        |
| 3.2.3.2.3. Yaş Gluten, Kuru Gluten, Gluten İndeksi Değerlerinin Belirlenmesi .... | 22        |
| 3.2.3.2.4. Farinograf Özellikleri.....  | 23        |
| 3.2.4. Poğaçta Hamurunda Yapılan Analizler.....                                   | 23        |
| 3.2.4.1. Poğaçta Hamurunun Reolojik Özelliklerinin Belirlenmesi.....              | 23        |
| 3.2.5. Poğaçta Yapılan Analizler .....  | 24        |
| 3.2.5.1. Poğaçanın Duyusal Özelliklerinin Belirlenmesi .....                      | 24        |
| 3.2.5.2. Poğaçanın Tekstürel Özelliklerinin Belirlenmesi .....                    | 24        |
| 3.2.5.3. Poğaçanın Renginin Belirlenmesi .....                                    | 25        |
| 3.2.5.4. Poğaçanın Hacim ve Nem Değerlerinin Belirlenmesi .....                   | 25        |
| 3.2.6. İstatistiksel Değerlendirme.....   | 26        |
| <b>4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....</b>   | <b>27</b> |
| 4.1. UNUN KİMYASAL VE FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ.....                             | 27        |
| 3.2.3. Unda Yapılan Analizler.....  | 27        |
| 4.2. POĞAÇTA HAMURLARININ REOLOJİK ÖZELLİKLERİ .....                              | 27        |
| 4.2.1. Poğaçta Hamurlarının Yapışkanlık Özelliği .....                            | 27        |
| 4.2.2. Poğaçta Hamurlarının Uzama Direnci ve Uzama Kabiliyeti .....               | 30        |
| 4.3. POĞAÇTA ÖRNEKLERİNİN DUYUSAL VE BAZI FİZİKOKİMYASAL<br>ÖZELLİKLERİ .....     | 34        |
| 4.3.1. Poğaçta Örneklerinin Duyusal Özellikleri .....                             | 34        |
| 4.3.2. Poğaçta Örneklerinin Tekstürel Özellikleri.....                            | 39        |
| 4.3.3. Poğaçta Örneklerinin Renk Analizi.....                                     | 42        |
| 4.3.3.1. Poğaçta Örneklerinin Dış Yüzey Rengi .....                               | 42        |
| 4.3.3.2. Poğaçta Örneklerinin İç Kesit Görüntüsü .....                            | 48        |
| 4.3.4. Poğaçta Örneklerinde Nem İçeriği ve Hacim Özellikleri .....                | 51        |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....</b>    | <b>55</b> |
| <b>KAYNAKLAR .....</b>                  | <b>57</b> |
| <b>ÖZGEÇMİŞ VE ESERLER LİSTESİ.....</b> | <b>62</b> |

## ÇİZELGELER DİZİNİ

|   | <b><u>Sayfa</u></b> |
|---|---------------------|
| Çizelge 2.1. Çeşitli gıda kategorilerinde kullanılan yağ ikame tiplerinden örnekler .....                                 | 5                   |
| Çizelge 2.2. Karbonhidrat bazlı yağ ikame maddeleri ve onların uygulama alanları ve fonksiyonel özellikleri .....         | 7                   |
| Çizelge 3.1. Poğaçta formülasyonunda yağ azaltma ve ikame ekleme oranları ...   | 19                  |
| Çizelge 3.2. Yağı azaltılmış poğaçta formülasyonları .....  | 20                  |
| Çizelge 3.3. Geleneksel poğaçta formülasyonu .....  | 21                  |
| Çizelge 3.4. Yağı azaltılmış poğaçta formülasyonu.....  | 21                  |
| Çizelge 4.1. Unun kimyasal ve fizikokimyasal özellikleri .....  | 27                  |
| Çizelge 4.2. Unun farinogram özellikleri.....   | 27                  |
| Çizelge 4.3. Yağı azaltılmış ve inülin ile ikame edilmiş poğaçta örneklerinin yapışkanlığı .....                          | 28                  |
| Çizelge 4.4. Yağı azaltılmış ve maltodekstrin ile ikame edilmiş poğaçta örneklerinin yapışkanlığı.....                    | 28                  |
| Çizelge 4.5. Yağı azaltılmış ve polidekstroz ile ikame edilmiş poğaçta örneklerinin yapışkanlığı.....                     | 29                  |
| Çizelge 4.6. Yağı azaltılmış ve inülin ile ikame edilmiş poğaçta örneklerinin yapışkanlığı .....                          | 31                  |
| Çizelge 4.7. Yağı azaltılmış ve maltodekstrin ile ikame edilmiş poğaçta örneklerinin uzayabilirliği ve uzama direnci..... | 32                  |
| Çizelge 4.8. Yağı azaltılmış ve polidekstroz ile ikame edilmiş poğaçta örneklerinin uzayabilirliği ve uzama direnci.....  | 33                  |
| Çizelge 4.9. Kontrol örneğin ve yağı azaltılmış poğaçta örneklerinin duyusal analizi .....                                | 36                  |
| Çizelge 4.10. Duyusal testte kontrol örnekle benzer özellik gösteren yağ azaltılmış örnekler .....                        | 39                  |
| Çizelge 4.11. Kontrol örneğin ve yağı azaltılmış poğaçta örneklerinin tektür analizi .....                                | 40                  |

|   |    |
|---|----|
| Çizelge 4.12. Kontrol örneğinin ve yağı azaltılmış poğaçı örneklerinin dış yüzey renk analizi ..... | 43 |
| Çizelge 4.13. Kontrol örneğinin ve yağı azaltılmış poğaçı örneklerinin iç kesit renk analizi .....  | 48 |
| Çizelge 4.14. Kontrol örneğinin ve yağı azaltılmış poğaçı örneklerinin nem analizi .....            | 52 |
| Çizelge 4.15. Kontrol örneğinin ve yağı azaltılmış poğaçı örneklerinin hacim analizi .....          | 53 |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

|   |    |
|---|----|
| Şekil 3.1. Geleneksel Poğaçta Üretim Şeması .....   | 18 |
| Şekil 4.1. Kontrol örneğinin görüntüsü .....  | 43 |
| Şekil 4.2. Yağı %20 oranında azaltılmış ve inülin ile ikame edilmiş poğaçta örnekleri .....                                     | 44 |
| Şekil 4.3. Yağı %20 oranında azaltılmış ve polidekstroz ile ikame edilmiş poğaçta örnekleri .....                               | 45 |
| Şekil 4.4. Yağı %30 oranında azaltılmış ve polidekstroz ile ikame edilmiş poğaçta örnekleri .....                               | 45 |
| Şekil 4.5. Yağı %40 oranında azaltılmış ve polidekstroz ile ikame edilmiş poğaçta örnekleri .....                               | 46 |
| Şekil 4.6. Yağı %20 oranında azaltılmış ve maltodekstrin ile ikame edilmiş poğaçta örnekleri .....                              | 46 |
| Şekil 4.7. Yağı %30 oranında azaltılmış ve inülin ile ikame edilmiş poğaçta örnekleri .....                                     | 47 |
| Şekil 4.8. Kontrol örneğinin iç kesit görüntüsü .....   | 49 |
| Şekil 4.9. Yağı %20 oranında azaltılmış ve inülin ile ikame edilmiş poğaçta örneklerinin iç kesit görüntüsü .....               | 49 |
| Şekil 4.10. Yağı %20 oranında azaltılmış ve polidekstroz ile ikame edilmiş poğaçta örneklerinin iç kesit görüntüsü .....        | 50 |
| Şekil 4.11. Yağı %30 ve %40 oranında azaltılmış ve polidekstroz ile ikame edilmiş poğaçta örneklerinin iç kesit görüntüsü ..... | 50 |
| Şekil 4.12. Yağı %20 oranında azaltılmış ve maltodekstrin ile ikame edilmiş poğaçta örneklerinin iç kesit görüntüsü .....       | 51 |
| Şekil 4.13. Yağı %30 oranında azaltılmış ve maltodekstrin ile ikame edilmiş poğaçta örneklerinin iç kesit görüntüsü .....       | 51 |

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

|    |                        |
|----|------------------------|
| Da | : Dalton               |
| MD | : Maltodekstrin        |
| PD | : Polidekstroz         |
| DE | : Dekstroz Eşdeğerliği |

## 1. GİRİŞ

Günümüz toplumunda, yaşam tarzındaki değişiklikler beslenme alışkanlıklarını ve tüketici davranışlarını değiştirmiş ve bu değişim hazır tüketime uygun gıdaların önemini artırmıştır. Fırıncılık ürünleri de bu alanda yer almakta ve özellikle son zamanlarda kahvaltılarda yaygın olarak tüketilmektedir. Ancak fırıncılık ürünleri %40-50 oranında yağ içermeleri nedeniyle yüksek kalorili gıdalar sınıfına girmektedirler. Bilimsel veriler, yüksek miktarda yağ tüketiminin obezite, safra kesesi hastalıkları, koroner kalp rahatsızlıkları gibi sağlık sorunlarına neden olduğunu ve günümüzde yanlış beslenme alışkanlıklarından kaynaklanan bu gibi rahatsızlıkların giderek arttığını göstermektedir. Bunların bilincinde olan tüketicinin sağlıklı ve formda olmaya duyduğu ilginin artması nedeniyle gıda endüstrisi yağsız, düşük yağlı ve düşük kalorili ürün seçeneklerini arttırmaya hız vermiştir.

Buğday unu, yağ, şeker, maya, yoğurt, yumurta akı, tuz ve suyun karıştırılıp yoğurulması ile elde edilen hamurun içine çeşitli malzemeler (peynir, patates, zeytin, salam vb.) konularak ve üzerine çeşni maddeleri (susam, çörekotu) eklenerek, tekniğine uygun şekilde pişirilmesi ile elde edilen ürüne poğaçadır. Poğaçadır, Türkiye’de ekmekten sonra en çok tüketilen unlu mamüllerden biridir. Özellikle kahvaltıda, çoğunlukla öğrenci ve çalışan kesimin tükettiği bir fırıncılık ürünüdür. Türkiye’de nüfus yoğunluğunun çoğunluğunu öğrenci ve çalışan kesimin oluşturduğu gözönüne alındığında, poğaçanın günlük hayatımızda önemli bir yer kapladığı görülmektedir.

Tüketicinin sağlıklı beslenme eğilimi geleneksel gıdaların formülasyonlarının da yeniden gözden geçirilmesi gerekliliğini beraberinde getirmiştir. Bu doğrultuda yeni ürünler geliştirmek için birçok araştırma yapılmaktadır. Bu araştırmalardan bir kısmı, gıdalardaki yağın miktarının kısmen ya da tamamen yağ benzeri maddelerle ikame edilmesi ile ilgilidir. Günümüzde yağ ikameleri yağı azaltılmış fırıncılık ürünlerinin kalite özelliklerini geliştirmek amacıyla yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Yağ içeriği azaltılmış ya da yağı tamamen uzaklaştırılmış gıdalarda yağın özelliklerini sağlamak üzere kullanılan maddeler yağ ikameleri olarak adlandırılmaktadır. Yağ ikameleri gıdalarda yağın yerine kullanılabilen ve

yağın gıdalara verdiği birçok özelliği (duyusal, fiziksel vb.) kısmen ya da birebir sağlayabilmektedir. Yağlar gıdalara, yumuşaklık, nemlilik, havanın yapıya girmesini sağlama, tat ve kokuyu yapıda tutma özelliklerini sağlamaktadır.. Yağın bu fonksiyonları ürüne yumuşaklık sağlamakta, ürünün kalite ve tekstür özelliklerini geliştirmekte ve pişirmede ürün kalitesini zenginleştirmektedir. Yağ ikame maddeleri su tutma özellikleriyle kayganlık, ağız hissi gibi yağın bazı özelliklerini sağlamaktadır. Aynı zamanda ürünün bayatlamaya karşı raf ömrünü artırmaktadır.

Yağ ikameleri karbonhidrat kökenli, protein kökenli ve lipid kökenli olmak üzere üçe ayrılır. Yağ ikame maddeleri süt ürünleri, soslar, dondurulmuş tatlılar, salata sosları, unlu mamuller, şekerlemeler, jelatinler, pudıngler, et ürünleri, sakız, kuru pasta ve dondurma gibi birçok gıdada sıklıkla kullanılmaktadır. Unlu mamullerde de karbonhidrat kökenli yağ ikameleri yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışmanın temel amacı Türkiye’de tüketim sıklığı yüksek olan fırıncılık ürünlerinden poğaçanın içerisindeki yağ miktarını, ürünün duyusal ve yapısal özelliklerini kabul edilebilir şekilde değiştirecek, mümkün olan en yüksek oranda azaltmaktır. Bu amaçla karbonhidrat bazlı farklı yağ ikame maddeleri farklı oranlarda kullanılarak yağı azaltılmış poğaçalar üretilmiştir. Üretilen poğaçalar duyusal teste tabii tutulmuş ve kontrol örneğine (geleneksel poğaçaya örneği) belirlenen duyusal kriterler açısından en yakın örnekler seçilmiştir. Duyusal testlerle belirlenmiş bu örnekler renk, tekstür, hacim ve nem analizleri uygulanmıştır. Bu analizlerle poğaçanın yağ oranının, duyusal kabul edilebilirliğini ve işlenebilirlik özelliklerini koruyarak, en fazla ne kadar azaltılabileceğinin belirlenmesi amaçlanmıştır.



## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

### 2.1. POĞAÇA

Poğaç, Türk Dil Kurumu Büyük Sözlükte içine peynir, kıyma vb. konularak hazırlanan bir tür çörek olarak tanımlanmaktadır [Anonim, 2010]. Formülasyonunda un, katı yağ, maya, şeker, tuz ve yumurta bulunmaktadır. Şekil verilme aşamasında içerisine çoğunlukla beyaz peynir, kaşar veya zeytin konularak pişirilmektedir. Ülkemizde özellikle evde kahvaltı yapma alışkanlığı olmayan bireylerin çok fazla tükettiği bir unlu mamüldür. Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü Gıda Güvenliği Daire Başkanlığının Ülkemizde Süt ve Süt Ürünleri Tüketimi ve Kahvaltı Yapma Alışkanlığı Raporundaki verilere göre çocukların %8'i, yetişkinlerin ise %20'sinin kahvaltıda poğaç tükettikleri belirlenmiştir [Anonim, 2006]. Ülkemizde farklı sosyoekonomik düzeydeki bireylerin beslenme alışkanlıklarının incelendiği çalışmalarda da kahvaltıda poğaç tüketenlerin oranının %12.5 ile %34.7 arasında olduğunu belirlemişlerdir [Sevindi ve Yılmaz, 2007, Ünsal, 2008, Güleç ve Yabancı, 2008]. Bu oranın özellikle öğrenciler arasında çok daha yüksek olduğu düşünülmektedir.

Poğaçanın üretim teknolojisi gereği yapısında %40-50 oranlarında katı yağ içerdiğinden dolayı çok fazla tüketilmesi durumunda obezite ve yüksek kolesterol gibi sağlık sorunlarına yol açma potansiyeli vardır. Aslında yağlar, vücutta önemli işlevleri olan temel besin öğelerinden biridir. Günlük harcanan enerjinin büyük bir kısmı yağlardan karşılanmaktadır. Ayrıca yağ, yağda çözünen vitaminlerin ve esansiyel yağ asitlerinin taşıyıcısıdır. Beslenme sağlığı ile ilgili dünyanın önde gelen kuruluşlarından Amerikan Kanseri Cemiyeti, Birleşmiş Milletler Dünya Sağlık Örgütü, Amerikan Kalp ve Damar Enstitüsü'nün yaptıkları açıklamalara göre; genellikle beslenmede toplam yağ alımından kazanılan enerji, toplam alınan enerjinin % 30'undan fazla olmamalı ve alınan doymuş yağ miktarı günlük enerji tüketiminin % 10'unu geçmemesi gerektiği bildirilmiştir [Akoh, 1998]. Yüksek oranda yağ tüketiminin başta kalp ve damar hastalıkları ve insulin dengesi, kanser ve safra kesesi hastalıkları üzerine de etki ettiği bilinmektedir. Ancak yapılan araştırmalarda insanların büyük bir kısmının önerilen sınırların üstünde yağ

tükettiklerini göstermiştir. Bunun sebeplerinden en önemlisinin insanların tüketim alışkanlıklarını değiştirmekte zorlanmaları olduğu belirtilmiştir [Hahn, 1997].

## 2.2. YAĞ İKAME MADDELERİ

İnsanlar genellikle yağlı gıdaların tadını sevmekte ve onlardan vazgeçmek istememektedirler. Yağın besleyici rolü, enerji sağlamak, esansiyel yağ asitlerini ve yağda eriyen vitaminlerin alımına katkıda bulunmaktır. Pek çok gıdanın tekstür, ağız hissi ve tat özelliklerini yağ sağlamaktadır. Su tutma özelliğiyle fırıncılık ürünlerine, tazelik ve nemlilik hissini vermektedir. Yağların ilk sırada yer alan duyuşal özelliği, yağda çözünen uçucu aroma bileşenlerinin ağız ve burun yoluyla algılanmasıdır. Bu bileşenler birçok gıdaya tat ve aroma karakteristiklerini vermektedir. Yağ ikame maddeleri, yağdan daha az kaloriye sahip ve yağın fonksiyonlarının bir kısmını veya tamamını sağlayabilen katkı maddeleridir. İyi bir yağ ikame maddesinin yağın tekstür, ağız hissi ve aroma özelliklerini ikame edebilmesi gerektiği belirtilmektedir. Margarin, dondurulmuş tatlı, salata sosları ve kek gibi ürünlerde yağ ikamesi olarak genellikle modifiye nişasta ve gamlar kullanılmaktadır. Bunlar kısmen ya da tamamen sindirilebilir olup 1- 4 kcal/g'ye sahiptirler. Nişasta bazlı yağ ikame maddeleri yüksek sıcaklıklara dayanıklı olup, yüksek sıcaklık uygulanan proseslerde jel oluşturmaktadırlar. Bu özellikleriyle gıdalara yağın verdiği kaygan ağız hissini verirler. Bu yağ ikameleri genellikle fırıncılık ürünlerinde, et ürünlerinde ve şekerleme endüstrisinde kullanılmaktadır [ADA Reports, 2005].

Yağ ikame maddeleri düşük yağ içerikli fırıncılık ürünlerinde iyi bir alternatif olarak kullanılmaktadır [Swanson ve Carden, 1999]. Yağ ikame maddeleri Çizelge 2.1' de görüldüğü gibi, karbonhidrat bazlı, yağ bazlı ve protein bazlı olmak üzere üç grup altında sınıflandırılmıştır. Bunlardan en çok kullanılan karbonhidrat bazlı yağ ikame maddeleridir. Bitki polisakkaritlerinden oluşur. En bilinenleri, seluloz, gamlar, dekstrinler, nişastalar ve polidekstrozdur [Ada Reports, 2005].

Çizelge 2.1. Çeşitli Gıda Kategorilerinde Kullanılan Yağ İkame Tiplerinden Örnekler

| Gıda Kategorisi  | Yağ İkame Maddeleri  |   |  |
|--|--|---|--|
|  | Karbonhidrat Bazlı   | Protein Bazlı   | Yağ Bazlı                                      |
| Fırıncılık ürünleri  | Lifler, Gamlar, İnülin, MD <sup>a</sup> , PD <sup>b</sup> , Nişastalar | Mikropartikül protein, MPK <sup>c</sup> , protein karışımları | Benefat <sup>d</sup> , Emülsüfyerler           |
| Tahıl ürünleri   | Lifler, Gamlar, İnülin, MD, Nişastalar                                 | Mikropartikül protein   | Emülsüfyerler, Olean <sup>e</sup>              |
| Şekerleme ürünleri   | Seluloz, Gamlar, İnülin, MD, Oatrim <sup>f</sup> , PD, Nişastalar      | Mikropartikül protein   | Benefat, Caprenin <sup>g</sup> , Emülsüfyerler |
| Salata Yağları   | UD <sup>h</sup>  | Mikropartikül protein   | UD   |
| Süt Ürünleri   | Seluloz, Gamlar, İnülin, MD, Oatrim, PD, Nişastalar                    | Mikropartikül protein, MPK                                    | Emülsüfyerler                                  |
| Sütlü ve Dondurulmuş Tathırlar   | Seluloz, Gamlar, İnülin, MD, Oatrim, PD, Nişastalar                    | Mikropartikül protein, MPK ve protein karışımları             | Emülsüfyer ve Benefat                          |
| Et ve Tavuk Ürünleri   | Seluloz, Gamlar, İnülin, Oatrim, Nişastalar                            | UD  | UD   |
| Diğer katı ve sıvı yağlar  | Seluloz, Jelatin, Gamlar, İnülin, MD, Oatrim, PD, Nişastalar           | Mikropartikül protein, ve protein karışımları                 | Emülsüfyerler, Benefat                         |
| Hazır Mezeler  | Seluloz, Gamlar, İnülin, MD, Oatrim, PD, Nişastalar                    | Mikropartikül protein ve MPK                                  | Emülsüfyerler, Benefat                         |
| Çorbalar, Soslar, Etsuyu içeren besinler   | Seluloz, Gamlar, İnülin, MD, Oatrim, Nişastalar                        | Mikropartikül protein ve MPK                                  | Emülsüfyerler                                  |
| Atıştırma malıkları  | Seluloz, Lif, Gamlar, MD, Nişastalar                                   | UD  | Olean  |
| <p>a: Maltodekstrin<br/> b: Polidekstroz<br/> c: Modifiye peynir altı suyu konsantresi<br/> d: Salatrim, kısa ve uzun zincirli triaçil gliserid moleküllerinden oluşur.<br/> e: Olestra, bir sükroz poliesteri<br/> f: Hidrolize yulaf unu<br/> g: Kaprilik asit ve behenik asit içeren yağ bileşeni<br/> h: Uygulanabilir Değil</p> |  |   |  |

## 2.2.1. Karbonhidrat Bazlı Yağ İkame Maddeleri

Karbonhidrat bazlı yağ ikame maddeleri (seluloz, dekstrin, maltodekstrin (MD), polidekstroz (PD), gamlar, lifler ve modifiye nişasta) karbonhidrat kaynaklı bileşiklerden elde edilmektedir. Kalori değerleri 0-4 kcal/g arasındadır. Genellikle kalınlaştırıcı ve stabilize edici olarak kullanılmaktadırlar. Çizelge 2.2'den de görüldüğü gibi, fırıncılık ürünleri, dondurulmuş tatlılar, süt ürünleri, salata sosları, proses edilmiş et ürünleri genel kullanım alanlarıdır. Ayrıca su tutma özellikleri ile tekstür geliştirici ve ağızda yağın sağladığı hissi sağlama özelliklerine sahip olmaktadır [Ada Reports, 2005].

### 2.2.1.1. Polidekstroz

Polidekstroz rastgele bağlı 1-6 glikosidik bağlarından oluşmuş, yüksek molekül ağırlıklı bir polimerdir. Molekül ağırlığı ortalama 2000 Da'dur [Şahin, 2006].

Polidekstroz glikozun ısı vakum polimerizasyonu ile elde edilir [Voragen, 1998]. Ham polidekstroz, ekşimtrak, acı (bitter) ve asidik olup ve amin gruplarla reaksiyona girebilmektedir [Voragen, 1998]. Kısmen amorf ve kolay eriyebilen bir yapıda olduğu belirtilmektedir. Çoğu karbonhidrat ve polioller göre daha yüksek bir çözünürlüğe sahiptir (20 °C'de %80 ağırlık/ağırlık). Bu özelliği gıdaların ağız hissi ve doku özelliğini etkilemektedir. Farklı molekül ağırlığındaki moleküllerin karışımından oluştuğu için kristalize olmamaktadır. Bundan dolayı şeker ve polioller kristalizasyonunu önleyerek gıdalarda stabiliteyi sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Dondurulmuş ve eritilmiş gıdaların yapısını koruduğundan dolayı bu tip ürünlerde kullanılması uygun olmaktadır. Ayrıca polidekstroz gıdalarda nem tutma özelliğine de sahiptir. Polidekstrozun büyük kısmı bağırsak mikroorganizmaları tarafından fermente edilmektedir. Fermantasyon esnasında açığa çıkan yağ asitleri kalın bağırsak tarafından absorbe edilmektedir. Polidekstroz eşit ağırlıktaki şekerin verdiği enerjinin ancak dörtte birini vermektedir (1kkal/g). Diyabetli hastaların tüketmesi açısından uygundur. Günlük 50 g'a kadar alındığında laksatif etkisi bulunmamaktadır. 90 g'ın üzerinde tüketildiğinde laksatif etki yapmaktadır. [Şahin, 2006].

Çizelge 2.2. Karbonhidrat bazlı yağ ikame maddeleri ve onların uygulama alanları ve fonksiyonel özellikleri.

| Karbonhidrat Bazlı Yağ İkame Maddeleri |   |  |
|--|---|--|
|  | Uygulamaları  | Fonksiyonel Özellikleri  |
| PD                                     | Süt ürünleri, dondurulmuş tatlılar, soslar, salata sosları, fırıncılık ürünleri, şekerlemeler, jelatinler, puding, sakız, kek, dondurma | Su tutma, hacim verici ajan, tekstür geliştirici                                   |
| Modifiye Nişasta                       | Et ürünleri, salata sosları, fırıncılık ürünleri, çeşni, dondurulmuş tatlı, süt ürünleri  | Jelleştirici, kalınlaştırıcı, stabilize edici, tekstür geliştirici                 |
| MD                                     | Fırıncılık ürünleri, süt ürünleri salata sosları, et ürünleri, dondurulmuş tatlılar, ekstrüde ürünler                                   | Jelleştirici, kalınlaştırıcı, stabilize edici, tekstür geliştirici                 |
| Tahıl Bazlı Lifler                     | Fırıncılık ürünleri, et ürünleri, ekstrüde ürünler  | Jelleştirici, kalınlaştırıcı, stabilize edici, tekstür geliştirici                 |
| Dekstrinler                            | Salata sosları, pudingler, süt ürünleri, dondurulmuş tatlılar, cips, fırıncılık ürünleri, et ürünleri, çorbalar                         | Jelleştirici, kalınlaştırıcı, stabilize edici, tekstür geliştirici                 |
| Gamlar                                 | Salata sosları, et ürünleri   | Su tutma, kalınlaştırıcı, stabilize edici, tekstür geliştirici, ağız hissi sağlama |
| Pektin                                 | Fırıncılık ürünleri, çorbalar, soslar   | Jelleştirici, kalınlaştırıcı, ağız hissi   |
| Meyve Bazlı Lifler                     | Fırıncılık ürünleri, şekerleme, süt ürünleri  | Nemlilik, ağız hissi   |

MD: Maltodekstrin, PD: Polidekstroz

Sindirim enzimlerine dirençli, 1 kcal/g civarında enerji sağlayan gıdalarda şeker ve yağ ikamesi olarak kullanılır. Gıdalarda fonksiyonel olarak nem tutma ve hacim verme özelliği sağlar. Polidekstroz hidrate olduğu zaman jel formuna geçer ve üründe yağın bazı karakteristik özelliklerini sağlar [Ada Reports, 2005]. Hacim ve tekstür geliştirici olarak yağ yerine kullanılabilir. Polidekstroz düşük kalorili dolgu maddesi olmasının yanında yapay tatlandırıcılarla yapılan düşük kalorili gıdalarda şekeri ikame etmek için kullanılabilir. İlave edildiği ürünlerde nemlendiricilik ve bazı durumlarda da tat veren polidekstroz, çikolatalı şekerlemelerde, keklerde, bisküvilerde, dondurulmuş tatlılarda ve mikrokristal sellüloz ile birlikte diyet tatlıların üretiminde kullanılmaktadır [Zahn ve Pepke, 2010].

Koçer ve ark., kek formülasyonunda yağı % 25 azaltıp yerine eşit miktarda polidekstroz ile yağı ikame etmişlerdir. Polidekstrozun, kekin uzama karakteristikleri ve kek hamurunun yapısı üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Polidekstroz, kek hamurunda yağın sağladığı hava-su iç yüzey stabilizasyonunu sağlayamamış ve buna bağlı olarak, polidekstroz ile ikame edilmiş örneklerde bozuk gözenek yapısı gözlenmiştir. Yağ kristallerinin kek hamurunda ısınma aşamasında hava-su iç yüzeyinin stabilizasyonunu sağladığı bilinmektedir. Ancak polidekstrozun amorf yapısı hava-su içyüzeyinin stabilizasyonunu koruyamamaktadır ve hava kabarcıklarının zamanından önce bozulmasına neden olmaktadır ve bu yüzden gözenek yapısı ısınma aşamasında bozulmaktadır. %20 seviyesinde yağ ikamesi kullanılan örneklerde gözenek ve hacim yoğunluğunda önemli farklılıklar gözlenmemiştir. Ancak yağ ikame seviyesi arttıkça hacimde düşüş ve gözenek yapısında azalma meydana gelmiştir [Koçer ve Hiçşamaz, 2007].

#### 2.2.1.2.Maltodekstrin

Nişastanın ısı ve asit ya da spesifik enzim uygulamaları veya asit ve enzimin kombine edildiği hidrolizisleridir. Hidrolize ürünler temel olarak D-glukoz, maltoz, oligosakkarit ve polisakkarit serilerinden oluşur. Hidrolizatların kullanılabilirliği, dekstroz eşdeğeri ile tanımlanır. Maltodekstrin, nişasta hidrolizatlarının dekstroz eşdeğeri (DE) 20 den küçük olanlarıdır. maltodekstrin

suda çözünebilir ve 4 kcal. enerji sağlar. Düşük dekstroz eşitliği ile kısmen yağın arzulan karakteristlik duyusal özelliklerini sağlar. Bunlardan bazı önemli fonksiyonel özellikleri hacim verici, jelleştirici, kristalizasyonu önleyici, dağılmayı güçlendirici, donmayı kontrol edici ve nem tutucu gibi özellikleridir. Maltodekstrinler gıdalarda yağı ikame edebilirler. Çeşitli gıda ürünlerinde, yağın verdiği ağız hissini sağlayabilirler. Bunu muhtemelen sahip olduğu ağ yapıyla (içinde su katmanlarının bulunduğu) sağlarlar. Ayrıca, Maltodekstrinler jel oluşturma ve su tutma yeteneğine sahiptirler. Bu nedenle gıda sektöründe yağı bir ölçüde ikame etmek için ve tekstür geliştirici olarak kullanılırlar. Gıdalardaki diğer fonksiyonları, hacim verme, topaklanmaya karşı direnç sağlama, film oluşturma, lezzet ve yağ bağlama, oksijen bariyeri, yüzey parlaklığı sağlama, dispersiyon ve çözünürlüğe yardımcı, donma kontrolü, kristalizasyonu önleme, ürün genişletici (dolgu maddesi) olarak kullanılmasıdır. Maltodekstrinler tüm fonksiyonlarına rağmen, diğer karbonhidratlar ve proteinler olmadan, gıdalarda tüketicinin arzuladığı tekstür özelliği ve duyusal kaliteyi yeterince sağlayamamaktadır. Besleyici katı ve sıvı yağlarla kolayca çözünebilirler ve buzdolabı koşullarında kararlı emülsiyon oluştururlar. Düşük dekstroz eşitliği'ne (DE) maltodekstrinler, iyi yağ bağlayıcılardır. Dondurulmuş tatlılarda, selüloz ve gamlarla, dondurma işlemi sırasında büyük buz kristallerinin oluşumunu önlemede kullanılır. Bunların yanı sıra maltodekstrinin maillard reaksiyonunu azaltmada kullanışlı olduğu ispatlanmıştır. Katı ve sıvı yağlar, vitaminler, mineraller, boyar maddeler gibi gıda bileşenlerinin mikroenkapsülasyonunda kullanılmaktadır [Chronakis, 1998].

Sudha ve ark., kekte yağı %60, %70 ve %80 oranında azaltıp yerine aynı miktarda maltodekstrin ile yağı ikame etmişlerdir. Kek hamurunun viskozitesindeki ve kekin kalite karakteristiklerindeki değişiklikleri incelemişlerdir. %70 ve %80 seviyelerindeki keklerde önemli bir hacim düşüşü gözlenmiş ve tekstür özellikleri önemli ölçüde etkilenmiştir. Yağ içeriği azaldıkça, kekin iç kısım yoğunluğu artmıştır, iç kısım yapışkan bir hal almıştır. Kek yağlılık ve nemlilik özelliklerinin çoğunu kaybetmiş, kuru bir hal almıştır. % 80 oranında yağı azaltılmış kek örneğinde, soluk kahverengi kabuk rengi gözlenmiştir. Düşük hacme sahip olması nedeniyle kabuk kısmının fırın ısısına daha az maruz kalması sonucunda esmerleşme reaksiyonları gerçekleşmiştir.

Ancak yağın %70 oranında azaltılıp, %5 oranında maltodekstrin ile ikame edilmesiyle, kekin hacminde önemli pozitif etkiler gözlenmiştir. Buna ek olarak yağ %60 ve 70 oranında azaltılıp yerine %10 ve 15 oranında maltodekstrin eklenen örneklerin tekstür özelliklerinde gelişme gözlenmiştir [Sudha ve Srivastava, 2007].

### 2.2.1.3. İnülin

1804 yılında *Inula helenium* dan izole edilen yeni bir bileşik olan inülin, inülin adıyla ilk kez 1818 yılında kullanılmıştır. Daha sonra inülinin birçok bitkide polisakkarit kaynağı olarak, bazen nişastayla kombineli olarak olduğu görülmüştür. İnülinin yapısını aydınlatmak 1950 yılına kadar sürmüştür. Temel olarak polidispers polisakkaritten oluşur. Genelde  $\beta$ , 1-2 fruktosil fruktoz ünitelerinden oluşur. Polimerizasyon derecesi 5 olan modellerde oligomer tek sarmaldır ve dolayısı ile konformasyon olmamıştır. Ancak şiddetli sterik etkileşimler nedeniyle uzun oligomerler oluşmuştur. Genelde polimerizasyon derecesi 2-70 arasında değişir. Bu değişim inülinin izole edildiği bitkinin tipine, yetiştiği iklim koşullarına ve fizyolojik yaşına bağlıdır [Stevens ve Meriggi, 2001]. Ortalama polimerizasyon derecesi 15'in altındadır. Bu nedenle doyumluk seviyesi düşüktür ve dolayısı ile kristalize olur. Çözünmeyen küçük inülin partikülleri jelimsi bir tekstür yapısına sahiptir. İnülin genellikle hindiba kökünden ekstrakte edilir ve sprey kurutucuda kurutulmuş toz hale getirilir [Ronkart ve Paquot, 2010]. Bunun dışında, *Streptococcus mutan*' ın fruktosiltransferaz geninin *Escherichia coli*' ye aktarılmasından sonra enzimatik olarak da sentezlenebilir. İnülin, diyet lifi özelliği sebebiyle birçok gıdada yaygın olarak kullanılmaktadır. Gıda katkıları olarak kullanıldığında midede çok küçük miktarlarda hidrolize edilir ve monosakkaritlere dönüşmeden ince bağırsağa gelir. Sonuç olarak kanda glisemi ya da insülin artışı gözlenmez. Kalın bağırsakta, bağırsak mikroflorası tarafından fermente edilir ve kısa zincirli yağ asitlerine metabolize olur. Üretilen bu yağ asitleri kalın bağırsak tarafından absorbe edilir. Bu yol, ince bağırsakta karbonhidratların absorpsiyonu ile kıyaslandığında glisemik indeks üzerine çok daha az etkilidir. Böylece oligofruktozun fruktosil birimlerinin kalori değeri 1-1,5 kcal/g arasındadır ya da sindirilmiş bir fruktoz molekülününün %30-40' ı kadardır. Bu özellikler inülini diyabetik gıdalar için



faydalı bir bileşen yapar. Bunlara ek olarak inülinin kullanımı, kandaki trigliseritlerin seviyesini azaltır. İnülin suda orta düzeyde çözünür. Yüksek konsantrasyonlarda jel formu oluşturur. Ürün içinde yayılmasıyla yağ ikame olarak kullanılma potansiyeline sahiptir [Zahn ve Pepke, 2010]. Sulu sistemde tekstür yapısı kremi ve jelimsidir ve bu özelliği ile gıdada yağın verdiği kaygan ağız hissini verir [Stevens ve Meriggi, 2001].

Zahn ve ark., muffin formülasyonunda yağı % 50, %75 ve % 100 oranlarında azaltıp, inülin ile ikame etmişlerdir. İnülinin, muffinin fırıncılık, tekstür ve duyuşal karakteristikleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Muffin formülasyonunda inülin miktarı arttıkça, ürün nemi ve iç kısım yoğunluğu önemli bir şekilde artmış olup, ürün hacmi ise azalmıştır. Yapılan analizler göstermiştir ki, muffin formülasyonunda yağın inülin ile ikame edilmesi, ürün görünüşünü, tekstürünü, duyuşal karakteristiklerini, tat ve kokusunu önemli ölçüde etkilemiştir. Yağın azalması, üründe oluşan hava kabarcığı miktarını azaltmıştır. Dolayısı ile hacimde azalma görülmüştür ve yine buna bağlı olarak ürünün iç kısım yoğunluğu artmıştır. Gözenek boyutunda ve gözenek dağılımında önemli bir makroskopik etki gözlenmemiştir. Yağı % 50 oranında azaltılan ve inülin ile ikame edilen örneklerde, ürünün iç kısım sertliği önemli ölçüde etkilenmiştir. Kontrole göre daha yüksek sertlik değeri saptanmıştır ( $p<0,05$ ). Ürün görünüşü kontrole karşılaştırıldığında kontrol örneğın, inülinle ikame edilen örneklere göre daha parlak olduğu görülmüştür ( $p<0,05$ ). İnülinin ergime noktası (180 °C) aşıldığı için karamelizasyon reaksiyonları gerçekteşmiş ve bu yüzden kontrole göre daha koyu bir renk gözlenmiştir ( $p<0,05$ ). Ürünün iç kısım sertlik değeri kontrole karşılaştırıldığında, % 75 ve % 100 oranında yağı azaltılan örneklerde çok yüksek çıkmıştır ( $p<0,05$ ). Ancak % 50 oranında yağı azaltılan formülasyon kontrole daha yakın değerler vermiştir. Sonuç olarak muffin için, yağın % 50 oranında azaltılıp, inülin ile ikame edilmesiyle elde edilen formülasyon uygun bulunmuştur [Zahn ve Pepke, 2010].

### 2.2.2. Protein Bazlı Yağ İkame Maddeleri

Protein bazlı yağ ikamelerinin kaynağı genellikle, peynir altı suyu proteini, yumurta proteini ve süttür. Süt ve yumurta proteinlerine uygulanan ısı ve yüksek

deformasyon kuvveti gibi işlemlerin sonucunda elde edilir. Doğal kaynaklı bu proteinler, süt yağını oluşturan küçük globüllerle aynı boyutta (0.01- 2.0 µm) olup, kremamsı akışkan özelliğe sahiptir. Ayrıca bu proteinler ürün içerisinde bağladıkları suyu çok düzgün bir şekilde dağıtmakta ve emülsifiye edici özellikte oldukları için serum ayrılmasını önlemektedirler. Süt teknolojisinde kullanılan ısıtma işlem normlarına uygunluk göstermekte, yoğurt gibi fermente süt ürünlerinde kültür faaliyetlerini etkilememekte ve tanecik boyutu olarak küçük ve sayı olarak da fazla oldukları için ışığı yansıtmakta yani parlaklık vermektedirler [Sezen, 2005]. Protein bazlı yağ ikame maddeleri 1-4 kcal arasında kalori içerirler. Protein bazlı yağ ikame maddeleri suyla birlikte kullanılırlar ve yağdan daha az miktarlarda kullanılabilirler. Örneğin 1 g protein bazlı yağ ikame maddesi, 3 g yağı ikame edebilir. Protein bazlı yağ ikame maddeleri kızartılmış ürünler için uygun değildir. Ama yağsız dondurma, dondurulmuş tatlı, sütlü içecek, yağ azaltılmış margarin, mayonez, kahve kreması ve soslarda kullanılabilirler. Protein karışımları ise (diğer bir protein bazlı yağ ikamesi ile veya gıdalarla, gıda nişastaları ve suyla karıştırılarak) dondurulmuş tatlı ve fırıncılık ürünlerinde kullanılabilirler. Ürünün tekstürel karakteristiklerinin korunmasında sinerjik etki göstermesi nedeniyle protein, nişasta ve hidrokolloidlerin kombinasyonlarının kullanılmaları önerilmektedir [Ada Reports, 2005].

### 2.2.3. Yağ Bazlı Yağ İkame Maddeleri

Yağ bazlı yağ ikame maddeleri, daha az kalori içeren veya kalori içermeyen spesifik yağ asitleridir. Bunlar doğal yağ ile benzer özelliklere sahiptir. Ancak bazılarının kalorileri yoktur bazıları da vücuttan absorbe edilmeden atılırlar [Ada Reports, 2005]. Yağ bazlı yağ ikame maddelerine verilebilecek en tipik örnekler sükroz poliesteri ve spesifik yağ asiti içeren trigliseridlerdir. Sükroz poliesteri ince bağırsakta sindirilemezler ve doğrudan kalın bağırsağa geçerler [Akoh, 1998].

Olestra, yağ bazlı ikamelere bir örnektir. Sükrozun hekza, hepta ve okta esterlerinin karışımından oluşan bir sükroz poliesteri. Yağ bazlı olduğundan oda sıcaklığında katı ve sıvı halde bulunabilir. Yağın organoleptik ve termal özelliklerine sahiptir ancak gastrik ve pankreatik lipaz enzimi tarafından hidrolize edilemez. Ayrıca sindirim sisteminde geri emilim için çok büyük moleküllere

sahiptir ve bu yüzden metabolize edilemez. Kısa, orta ve uzun zincirli yağ asiti içeren trigliseridler de diğer yağ bazlı yağ ikame maddeleridir. Genellikle 5 kal/g kaloriye sahiptirler. Emülsüfyerler de yağ bazlı ikame olarak, suyla birlikte kek karışımlarında, dondurmalarda ve süt ürünlerinde kullanılmaktadır [Ada Reports, 2005]. Ayrıca mono ve di-gliseridler suyla birlikte, kek karışımlarında, bisküvide, dondurmalarda yağın bir kısmını veya tamamını ikame etmek için kullanılırlar [Bastin, 1997].

### 2.3. FIRINCILIK ÜRÜNLERİNDE YAĞ İKAME MADDELERİNİN KULLANIMI

Fırincılık ürünlerinde genellikle katı yağ kullanılır. Katı yağın yumuşaklık özelliği, hamurun yapım aşamasında hava ile karışmasını sağlar. Küçük hava kabarcıkları yağın içinde tutuklu olarak kalır. Hamur pişerken yayılır ve ürüne güzel tat ve yumuşak tekstür sağlar [Jeung ve Casimir, 2008]. Yağ fırincılık ürünlerinin duyuşal karakteristiklerini etkileyen en önemli ingredişentlerden bir tanesidir. Fırincılık ürünlerinde, kaloriyi azaltmak ve bunun yanı sıra besleyiciliğe katkıda bulunmak amacıyla, yağın diğer gıda bileşenleriyle ikame edilmesi çalışmaları yapılmaktadır [Kim ve Yeom, 2001]. Günlük diyetle yağ azaltımı, tüketici açısından genel bir sağlık endişesi haline gelmiştir. Ancak yağ, fırincılık ürünlerine sağladığı tekstürel ve duyuşal özelliklerden dolayı, en önemli ingredişenttir [Ozbas ve Şeker, 2010]. Çünkü yağ önemli bir gıda bileşeni olarak lezzete katkıda bulunmakta, ağız hissi, tat, aroma ve kokuyu kombine bir şekilde taşımaya yardımcı olmaktadır [Taş, 2005]. Ancak yağı alınan gıdaların fiziksel, reolojik ve duyuşal özellikleri önemli düzeyde değişmektedir [Ohmes ve Marshall, 1998]. Son yıllarda gıda maddelerinin yapısındaki yağların yerine yağ ikame maddelerinin kullanımı ile ilgili bilimsel çalışmalar artmıştır [Kavas ve Oysun, 2004; Yılsay ve Yılmaz, 2006; Koçer ve Hiçşaşmaz, 2007; Aykan ve Sezgin, 2008; Karaca ve Güven, 2009; Kusuma ve Paseephol, 2009; Şeker ve Özbaş, 2010; Tobin, ve Fitzsimons, 2010]. Yağ ikameleri; gıdalardaki yağın yerine geçerek yağın gıdaya kazandırdığı olumlu özellikleri kazandırırken gıdanın kalori değerini azaltan katkı maddeleridir [Taş, 2005].

Fırıncılık ürünlerinde yağ ikame maddelerinin kullanılması, hamurun reolojisini etkiler. Hamurun reolojisinde meydana gelen değişiklikler de son ürünün fiziksel, duyuşal özelliklerine önemli ölçüde etki etmektedir. Fırıncılık ürünlerinde hamur, reolojik davranış olarak viskoz-sıvı ve katı-elastik arasında düzgün olmayan bir davranış sergileyen viskoelastik bir materyaldir. Hamurun viskoelastik özellikleri, hamurun işlenebilirliğini, tekstürel karakteristiklerini ve son ürün özelliklerini etkilemektedir [Bollain ve Collar, 2004].

Hamur, un, su ve diğer içeriklerin karıştırılmasıyla oluşan ıslak bir küttedir. Hamurun gelişme prosesi suyun eklenmesiyle başlar. İlk olarak tüm içerikler hidrate olur ve yapışkan bir hal alır. Karıştırmayla birlikte viskozite artar ve gittikçe yapışkan halden, yapışkan olmayan viskoelastik yapıyı almaya başlar. Bu aşamada hamur elastik ve uzayabilir yapıdadır. Hamurun bu karakteristikleri fırıncılık endüstrisi açısından çok önemlidir [Khatkar, 2004]. Ekmek gibi mayalanmış ürünlerde, hamurun yapısındaki genleşmiş gazı tutmak için elastikiyet özelliğine sahip olması gerekir. Hamur yapısının genleşen gazın çöküşünü önlemek için yeterli güce sahip esneme yeteneğine sahip olması gerekir [Singh ve MacRitchie, 2001]. Buğday unu hamuru viskoelastik özelliği ile fermentasyon sırasında üretilen gazı yapısında tutma yeteneğine sahiptir ve dolayısı ile son üründe hacimli ve gözenekli yapı sağlanmaktadır [Khatkar, 2004]. Ayrıca yağ da hamurun plastik özelliğine katkıda bulunur ve yağlayıcı görevi görür. Hidrasyondan önce un ile karıştırıldığında, yağ gluten ağ oluşumunu engeller ve daha az elastik bir hamur oluşumu sağlar. Proses sırasında hamurun işlenebilirliğini etkiler. Hamur kesme işleminden sonra hamurun yayılmasını sağlar ve pişme aşamasında tekstürel ve tat niteliklerini oluşturur [Zoulikha ve Jean-Marie, 1998].

İçerik, yani su, şeker, maya ve diğer katkı maddeleri hamurun reolojik davranışını etkiler. Buğday unu hamurunun reolojik özellikleri üzerine su içeriğinin önemi büyüktür. Su içeriği hamurun sulu fazda olmasını sağlar. Sulu faz, tuz, mineral ve diğer organik materyal gibi suda çözünen madde miktarı ve tipinden dolayı hamurun davranışını etkiler [Khatkar, 2004]. Ekmek hamuruna yağ ikamesi, besinsel lif, hidrokolloid gibi su absorblama özelliğine sahip materyaller eklenmesiyle su absorpsiyonunu artırmaktadır [Rosell ve Rojas,

2001; Rao ve Manohar, 2007]. Bu hamurun yapışkanlığını artırmaktadır. Yapışkanlık iki yüzeyin birbirine temas ettiğinde oluşan yapışma gücüdür. Ancak yüzeyler kuru ise yapışma yoktur. Yüzeyler ıslaksa yapışma kuvveti büyüktür ve bunu sağlayan suyun yüzey gerilimidir. Dolayısıyla suyun yüzey gerilimini etkileyen faktörler, sulu sistemlerin yapışkanlık özelliği üzerinde büyük etkiler gösterecektir. Gıdalarda yapışkanlık, özellikle üretim prosesi sırasında önemlidir. İşleme prosesinde makine yüzeyine yapışmaması gerekir. Küçük miktarda bir yapışkanlık bile büyük işleme problemlerine yol açabilir [Hoseney ve Smewing, 1999].

Ghodke, Hindistan'da üretilen geleneksel bir fırıncılık ürünü olan "Chapatti" olarak bilinen bir ürüne guar gam ve hidrokolloid (pentozanlar, modifiye pentozanlar, peyniraltı suyu proteini, galaktomanan) eklemiş ve chapatti hamuru ve son ürün üzerindeki etkilerini incelemiştir. Hindistanda tüketilen chapatti günde iki kez üretilir. Hemen tüketilmezse çiğnemesi zorlaşan bir ürün olduğu için, sabah üretildiğinde öğlene kadar, öğlen üretildiğinde akşama kadar taze kalabilir. Bu ürünün en önemli kalite parameterleri tekstür ve tattır. Yumuşaklık, esneklik, kolay şekil alabilir olması birer kalite parametresidir ve onlar ile değerlendirilir. Bu ürün yumuşak, esnek ve elastik bir üründür. Ama birkaç saat oda sıcaklığında saklandığında, bayatlar ve sertleşir. Hidrokolloidler çok fonksiyonlu bileşenlerdir. Gıdalara yapı geliştirici, su tutucu, yapışkanlık ve yağı ikame etme fonksiyonlarını sağlamak amacı ile eklenir ve endüstride sulu süspansiyonların tekstür ve reolojilerini modifiye etmek için katkı maddesi olarak kullanılırlar. Yüksek su tutma kapasiteleri ile dondurma-çözdürme işlemine maruz kalan ürünlerin stabilitesini korumada tercih edilen ve geniş kullanım alanına sahip bileşenlerdir. Hidrokolloidlerin varlığı, jelatinizasyon sıcaklığını, dağılmayı (parçalanma, ufalanma), nişastanın retrogradasyon prosesini etkiler. Bu etkiler de hamurun reolojik davranışı ve özellikleri üzerinde etki gösterir. Hidrokolloidler ve nişasta arasındaki sinerjizm, nişasta kompleksleri arasındaki oluşum olabilir (amiloz ve amilopektinin karışması sırasında hidrokolloidler). Birkaç çalışmada karboksimetil selüloz (CMC) ve guar gum'ın çavdar ekmeğinde tekstür geliştirici olarak kullanılması çözüm olmuştur. Hidrokolloidlerin yüksek su tutma kapasitelerinden dolayı, sertleştiricilikle ters ilişkilidir ve ekmekiçi

yumuşaklığı sağlar. Hidrokolloidlerin diğer bir kullanım alanı anti-bayatlama ajanı olarak kullanılırlar.

Guar gam seviyesinin artmasıyla hamur yapışkanlığı artmıştır. Kontrol hamurun yapışkanlık değeri 28,61 iken, 29,39 ve 32,48'e çıkmıştır. Yapışkanlıktaki bu artışın nedeni hidrokolloidlerin su absorpsiyon yeteneği ile glutenin tuttuğu suyu azaltmıştır ve böylece yapışkanlık artmıştır. Gluten fraksiyonları gibi diğer hamur bileşenleri, hamur yapışkanlığında önemli bir belirleyici olabilir. Gluten proteinlerinin içindeki un-protein fraksiyonunun konsantrasyonunun artması ile azalır. Su absorpsiyonu genellikle hamur yapıştırıcılığını etkileyen en önemli parametredir. Yüksek su absorpsiyonu hamurun daha yapışkan olmasına neden olur. Hidrokolloid seviyesinin artması hamurun yapıştırıcılığını artırmıştır. Hamurun viskoelastik özellikleri su ve protein içeriğine bağlıdır. Yapıştırıcılık gam seviyesinin artmasıyla birlikte artmıştır. Nem içeriği pişme oranını düzenleyen önemli bir faktördür. Pişme oranı ve nem içeriği ters orantılıdır [Ghodke, 2009].

Zoulias ve ark., bisküvinin yağını %35 kadar azaltıp, yağ ikame maddesi olarak PD, MD, b-glukan kullanmışlardır. Yağ ikame maddelerinin bisküvi örneklerinin fiziksel, tekstürel ve duyu özellikleri üzerine etkilerini incelemişlerdir. Yağ, bisküvi örneklerinde %11,5, %23 ve %35 seviyelerinde ikame edilmiştir. %11,5 ve %23 oranında ikame edilen örnekler, kontrole karşılaştırıldığında aralarında önemli farklılıklar gözlenmemiştir. Bununla birlikte, yağ ikame seviyesi % 35 e çıktığında, kontrole bazı bisküviler arasında önemli farklılıklar olduğu gözlemlendi. Ancak % 35 seviyesinde bile PD ile ikame edilen örneklerle, kontrol arasında önemli bir farklılık gözlenmedi. Pektin ve MD ile hazırlanan örneklerde, kontrole göre önemli bir hacim azalması gözlenmiştir. Hacim azalması hamurun elastik özelliğinin azalmasından kaynaklanmaktadır. Bisküvinin sertliği %11,5 ve %23 oranında ikame edilen örneklerde kontrole benzer değerler gösterirken %35 oranında ikame edilen örneklerin sertlik değeri kontrol örneğe göre daha yüksek çıkmıştır. Bu durum PD kullanılan örneklerde daha belirgin bir şekilde gözlenmektedir. Bu sonuçlara göre yağı azaltılmış bisküvi örneklerinde PD'nin %25 den daha fazla seviyelerde yağı ikame edemeyeceği kanısına varılmıştır. [Zoulias ve Oreopoulou 2000].

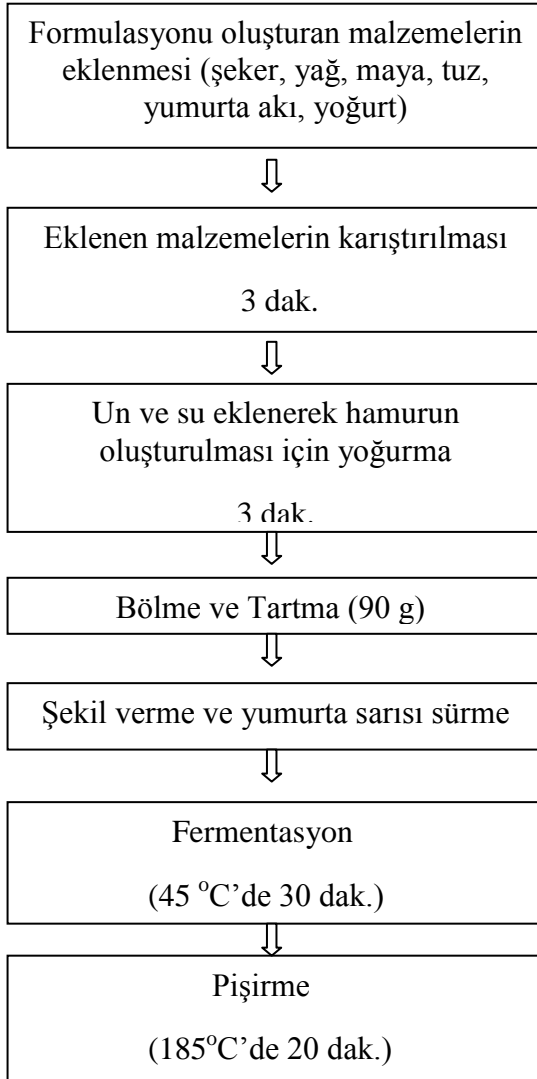
Sudha ve ark., bisküvide yağ seviyesini %50, %60 ve %70 oranında azaltıp, yerine formulasyonda yağ ve yağ ikame toplamı 20 g. olacak şekilde PD ve MD ile ikame etmişlerdir. Yağ ikame maddelerinin, bisküvi hamurunun reolojisi üzerine ve son ürünün kalite karakteristikleri üzerine etkilerini incelemişlerdir. %50 ve %60 oranında yağ azaltılıp hem MD hem de PD ile ikame edilmiş örneklerin görünüş ve renk özellikleri gelişmiştir. Ancak % 70 oranında ikame edilmiş örnekte önemli bir gelişme gözlenmemiştir. Her iki ikame maddesi de bisküvilerin tekstür özelliğini, tekstür analyser'da önemli bir kırılma direnci göstermiş olsa bile olsa, subjektif değerlendirmede çok etkilememiştir. Duyusal değerlendirmede tat ve aromada çok az etkili olmuşlardır. Bu deney koşulları altında bisküvide MD'nin, PD'den daha iyi bir yağ ikamesi olduğu kanısına varılmıştır [Sudha ve Srivastava,2007].

Kim ve ark., kekta yağı azaltıp, yerine amilodekstrin ve MD ile ikame etmişlerdir. Yağ ikamelerinin kekin fiziksel ve duyuşal özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Renk analiz sonuçlarına göre MD içeren örnekler, amilodekstrin içeren örneklere göre kabuk rengi daha koyu görünmektedir. a değeri her iki ikame maddesi kullanılan örnekte de kontrolden yüksek çıkmıştır. b değeri ise MD içeren örneklerde diğerlerine göre daha yüksek çıkmıştır. Daha koyu ve daha sarı renk içeren MD'li örneklerde, pişme sırasında esmerleşme reaksiyonları meydana gelmiş olabilir. İkame kullanılan örneklerin sertlik değerinde kontrole göre oldukça artma görülmüştür. Nem analizinde en yüksek değerler MD ile ikame edilen örneklerde görülmüştür. Bu sonuçlara göre fırıncılık ürünlerinde MD'nin iyi bir nem tutucu olduğu kanısına varılmıştır. Genel lezzet olarak diğer formulasyonlarla kontrol arasında önemli bir farklılık yokken MD yüksek puan almıştır. Sonuç olarak MD'nin fırıncılık ürünlerinde iyi bir ikame maddesi olabileceği kanısına varılmıştır [Kim ve Yeom, 2001].

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

#### 3.1. MATERYAL

Bu çalışmada geleneksel poğaçaya üretim formülasyonu baz alınarak yağı azaltılmış poğaçaya formülasyonları hazırlanmıştır. Geleneksel poğaçaya formülasyonu Şekil 1.'de de gösterildiği gibi un bazında, 100 g un (Tip-550), 50 g margarin, 6 g şeker, 2 g tuz, 10 g press yaş maya, 13,2 g yumurta akı, 15 g yoğurt ve 2 ml su içermektedir. Formülasyonu oluşturan malzemelerin tamamı, Mersin Üniversitesi Gıda Araştırma ve Uygulama Merkezi'nden (MÜGAM) farklı zamanlarda sağlanmıştır. Yağı azaltılmış poğaçalar için kullanılan yağ ikame maddeleri (inülin, polidekstroz (PD) ve maltodekstrin (DE:18-20) (MD)) Sima İç ve Dış Ticaret Ltd. Şirketinden temin edilmiştir.



Şekil 3.1. Geleneksel poğaçaya üretim şeması



Poğaçada yağın hangi oranlarda azaltılacağı Çizelge 3.1.'de belirtildiği gibi bazı ön denemeler yapılarak belirlenmiştir. Bu ön denemelerde poğaçanın yağı %20, %30, %40 ve %50 oranlarında azaltılmıştır. Yağı azaltılan formulasyonlara, çıkarılan yağ miktarı ile eşit miktarda, ikame maddelerinden eklenmiştir.

Çizelge 3.1. Poğaç Formülasyonunda Yağ azaltma ve İkame Ekleme Oranları

| Yağ Azaltma Oranı | Eklenen Yağ Miktarı (g/100 g un bazında) | Eklenen İkame Miktarı (g/100 g un bazında) |
|-------------------|--|--|
| % 0 (kontrol)     | 50                                       | 0  |
| % 20              | 40                                       | 10   |
| % 30              | 35                                       | 15   |
| % 40              | 30                                       | 20   |
| % 50              | 25                                       | 25   |

Çizelge 3.1.'de verilen formülasyonlar kullanılarak elde edilen hamurun işlenebilirlik özellikleri ve üretilen poğaçaların duyuşal test sonuçlarına göre poğaçada yağın %40'a kadar azaltılabileceği belirlenmiştir. Yağ oranı %50 oranda azaltılmış formülasyonda hamurun poğaçaya işlenmesi mümkün olmamıştır. Dolayısı ile ön denemeler sonucu Çizelge 3.2.'de görüldüğü gibi, poğaçada yağ miktarının %20, %30 ve %40 oranlarında azaltılmasına karar verilmiştir. Ayrıca formülasyona eklenecek yağ ikame maddesi miktarının çıkarılan yağ miktarı kadar eklenmesi de poğaçanın duyuşal özelliklerini olumsuz yönde etkilemiştir. Bu nedenle yağı farklı oranlarda azaltılmış her bir formülasyon için yağ ikame maddelerinin 5, 10 ve 15 g (100 g un bazında) olmak üzere sabit miktarlarda eklenmesine yapılan ön denemelerle karar verilmiştir.

Çizelge 3.2. Yağı azaltılmış poğaçaya formülasyonları

| Yağ Azaltma Oranı | Eklenen Yağ Miktarı (g/100 g un bazında) | Eklenen İkame Miktarı (g/100 g un bazında) |
|-------------------|--|--|
| % 0 (kontrol)     | 50                                       | 0  |
| % 20              | 40                                       | 5  |
|                   |  | 10   |
|                   |  | 15   |
| % 30              | 35                                       | 5  |
|                   |  | 10   |
|                   |  | 15   |
| % 40              | 30                                       | 5  |
|                   |  | 10   |
|                   |  | 15   |

## 3.2. YÖNTEM

### 3.2.1. Geleneksel Poğaçanın Hazırlanması

Bu çalışmada poğaçaya hamuru hazırlamak için Kitchen Aid Mixer kullanılmıştır. Birinci aşamada, şeker, yağ, yumurta akı, yoğurt, maya ve tuz çizelge 3.3.'te belirtilen miktarlarda eklenmiştir. Şekil 3.1.'deki akım şemasında belirtildiği gibi, eklenen malzemeler üç dakika boyunca karıştırılmıştır. İkinci aşamada ise un ve su eklenerek üç dakika süre ile yoğurma işlemi yapılmıştır. Elde edilen hamur 90 g'lık eşit parçalara bölünmüş ve her birine şekil verilmiştir. Şekil verilen poğaçaya hamurlarının üzerine yumurta sarısı fırça yardımıyla sürülmüştür. Daha sonra poğaçaya hamurları 45°C'de 30 dak. fermentasyona bırakılmıştır. Fermentasyonu tamamlanan poğaçaya hamurları önceden 185°C'de ısıtılmış fırında 20 dak. pişirilmiştir.

Çizelge 3.3. Geleneksel poğaçaya formülasyonu

| İçerik          | Kontrol | Yağı %40 azaltılmış | Yağı %30 azaltılmış | Yağı %20 azaltılmış |
|-----------------|---------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Un (g)          | 100     | 100                 | 100                 | 100                 |
| Şeker (g)       | 6       | 6                   | 6                   | 6                   |
| Yağ (g)         | 50      | 30                  | 35                  | 40                  |
| Yoğurt (g)      | 17.5    | 17.5                | 17.5                | 17.5                |
| Yumurta akı (g) | 13.2    | 13.2                | 13.2                | 13.2                |
| Maya (g)        | 10      | 10                  | 10                  | 10                  |
| Tuz (g)         | 2       | 2                   | 2                   | 2                   |
| Su (ml)         | 2       | 6                   | 6                   | 6                   |

### 3.2.2. Yağı Azaltılmış Poğaçaların Hazırlanması

Bu çalışmada yağı azaltılmış poğaçaya formülasyonları Çizelge 3.4'te verilmiştir. Yağ ikame maddeleri yağı azaltılan her üç formülasyona, belirlenen miktarlarda 6 ml su ile birlikte eklenmiştir.

Çizelge 3.4. Yağı azaltılmış poğaçaya formülasyonu

| İçerik                            | Yağı %40 azaltılmış | Yağı %30 azaltılmış | Yağı %20 azaltılmış |
|-----------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Un (g)                            | 100                 | 100                 | 100                 |
| Şeker (g)                         | 6                   | 6                   | 6                   |
| Yağ (g)                           | 30                  | 35                  | 40                  |
| Yoğurt (g)                        | 17.5                | 17.5                | 17.5                |
| Yumurta akı (g)                   | 13.2                | 13.2                | 13.2                |
| Maya (g)                          | 10                  | 10                  | 10                  |
| Tuz (g)                           | 2                   | 2                   | 2                   |
| Su (ml)                           | 6                   | 6                   | 6                   |
| Eklenen ikame miktarı (g/100g un) | 5                   | 5                   | 5                   |
|                                   | 10                  | 10                  | 10                  |
|                                   | 15                  | 15                  | 15                  |

Yağı azaltılmış poğaçâ örnekleri Şekil 3.1’de belirtildiği gibi hazırlanmış, yağ ikame maddesi su ile karıştırılarak, un ile birlikte formulasyona dahil edilmiştir.

### 3.2.3. Unda Yapılan Analizler

#### 3.2.3.1.Kimyasal Analizler

##### 3.2.3.1.1.Rutubet Miktarı Tayini

Poğaçâ üretiminde kullanılan unun rutubet miktarı AACC Metod 44-19 Standart analiz yöntemi ile belirlenmiştir.

##### 3.2.3.1.2.Kül Miktarı Tayini

Unun kül miktarı ICC Standart 104/1 analiz yöntemi ile belirlenmiştir.

#### 3.2.3.2.Fizikokimyasal Analizler

##### 3.2.3.2.1.Sedimentasyon Değeri Tayini

Sedimentasyon değeri AACC Metod 56-60 Standart analiz yöntemi ile belirlenmiştir. Analizde kullanılan cihazın markası TEKPA’dır.

##### 3.2.3.2.2.Düşme Sayısı Tayini

Düşme sayısı tayini AACC Metod 56-81 Standart analiz yöntemi ile belirlenmiştir. Analizde kullanılan cihazın markası TEKPA’dır.

##### 3.2.3.2.3.Yaş Gluten, Kuru Gluten, Gluten İndeksi Değerlerinin Belirlenmesi

Gluten değerleri AACC Metod 38-12A Standart analiz yöntemi ile belirlenmiştir. Analizde kullanılan cihazların markası TEKPA’dır.

#### 3.2.3.2.4.Farinograf Özellikleri

Farinograf özellikleri AACC Metod 56-60 Standart analiz yöntemi ile belirlenmiştir.

#### 3.2.4. Poğaç Hamurunda Yapılan Analizler

##### 3.2.4.1.Poğaç Hamurunun Reolojik Özelliklerinin Belirlenmesi

Kontrol ve yağı azaltılmış poğaç formülasyonlarında hamura yapışkanlık ve uzayabilirlik testleri uygulanmıştır.

Hamurun yapışkanlık özelliği, Texture Analyzer (TA-XT2, Stable Micro Systems, England) cihazı kullanılarak, standart hamur yapışkanlık testi (Hoseney,R.C., 1999) metoduna göre belirlenmiştir. Test parametreleri, ön test hızı: 0.5 mm/s, test hızı: 0.5 mm/s, geri dönüş hızı: 10.0 mm/s, mesafe: 4 mm, zaman: 0.1 s, tetikleme kuvveti: Auto – 5g, veri alma hızı: 100 pps'dir. Yapılan testler sonucu elde edilen kuvvet – zaman eğrisindeki maksimum kuvvet, hamurun yapışkanlığını ifade etmektedir. Analizler 3 tekrar ve 5 paralel olarak uygulanmıştır.

Hamurun uzama kabiliyeti ve uzama direnci de, yine Texture Analyzer cihazında Kieffer uzayabilirlik probu (Kieffer ve Wieser, 1998) kullanılarak belirlenmiştir. Test parametreleri, ön test hızı: 2.0 mm/s, test hızı: 3.3 mm/s, geri dönüş hızı: 10 mm/s, mesafe 75 mm, tetikleme kuvveti: Auto–5 g, veri alma hızı: 200 pps'dir.Yapılan testler sonucu elde edilen kuvvet–deformasyon eğrisindeki maksimum kuvvet, hamurun uzama direncini, maksimum kuvvete kadar gidilen yol ise uzama kabiliyetini ifade etmektedir. Analizler hamurun fermentasyon süresi tamamlandıktan 10 dak. sonra 3 tekrar ve 5 paralel olarak uygulanmıştır.

### 3.2.5. Poğaçada Yapılan Analizler

#### 3.2.5.1. Poğaçanın Duyusal Özelliklerinin Belirlenmesi

Poğaç örneklerinin duyusal analizi eğitimli 10 panelistle gerçekleştirilmiştir. Duyusal analiz, hem kontrol örneğinde hem de yağı azaltılmış bütün poğaç örneklerinde yapılmıştır. Panelistlere poğaçada dış görünüş, yumuşaklık, iç kesit görüntüsü, ağızda yapışkanlık, tat ve genel beğeni kriterlerine göre değerlendirmelerini yapmak için çizgisel hedonik skala puanlama testi uygulanmıştır. Puanlama 0-5 arasında olup, çok kötüden (0), çok iyiye (5) doğru gitmektedir. Bu aşamada yağı azaltılmış poğaç formülasyonları arasında, duyusal açıdan kontrol örneğe benzerlik gösteren formülasyonların belirlenmesi amaçlanmıştır.

#### 3.2.5.2. Poğaçanın Tekstürel Özelliklerinin Belirlenmesi

Poğaçanın tekstür özelliğini belirlemek için, Texture Analiz (Stable Micro Systems, England) cihazı kullanılmıştır. Sertlik özelliği (firmness) AACC 74-09 (AACC, 2000) metodu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Test parametreleri, ön test hızı: 1.0 mm/s, test hızı: 1.7 mm/s, geri dönüş hızı: 10 mm/s, mesafe 10 mm, tetikleme kuvveti: Auto-5 g., prob: 25 mm alüminyum silindir prob. Yapılan testler sonucu elde edilen kuvvet – deformasyon eğrisindeki maksimum kuvvet, örneğin sertlik derecesini ifade etmektedir. Sertlik testi, pişirme işleminden sonra 25°C’de 1 saat bekletilmiş örneklerin hem dış yüzeyine hem de iç kesitine uygulanmıştır. Deney 3 tekrar ve 5 paralel olarak yapılmıştır.

#### 3.2.5.3. Poğaçanın Renginin Belirlenmesi

Poğaç örneklerinin renk analizi için, “Machine Vision” (Mersin Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü) özel tasarım renk ölçüm cihazı kullanılmıştır [Luzuriaga ve Balaban, 1997]. Renk ölçüm cihazı kontrollü ve açıklık-koyuluk (aydınlık değeri) koşulları tanımlanmış bir dijital kamera içeren özel tasarlanmış bir renk ölçüm kabinedir. Sonuçlar kabinde bulunan dijital kamera ile görüntüsü alınan örneğin fotoğrafının her bir pikseli için  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$

değerlerinin ortalaması olarak alınmakta ve cihaza bağlı olan bilgisayardaki özel olarak hazırlanmış bir yazılım ile örneğin ortalama L\*, a\* ve b\* değerleri hesaplatılarak kaydedilmektedir. Deney 3 tekrar ve 2 paralel olarak yapılmıştır.

#### 3.2.5.4. Poğaçanın Hacim ve Nem Değerlerinin Belirlenmesi

Poğaç örneklerinin hacmi, ekmekte hacim belirleme yöntemi (AACC, 1995) esas alınarak belirlenmiştir. Fırından çıkarılan örnekler 1 saat oda sıcaklığında bekletildikten sonra test uygulanmıştır. Test, kolza tohumu yer değiştirme prensibine dayanmaktadır. Deneyin prensibi; kolza tohumları ölçülü bir silindire, işaretli ölçüsüne kadar doldurulur. Sonra geri boşaltılır. Poğaç örnekleri silindire konur ve üzerine yeniden kolza tohumları eklenir ve seviyesi işaretli ölçüye gelene kadar doldurulur. Geriye kalan kolza tohumlarının hacmi ölçülür. Ölçülen kolza tohumunun hacmi ile poğaçanın hacmi eşittir ve cm<sup>3</sup> olarak ifade edilir. Deney 3 tekrar ve 2 paralel olarak yapılmıştır.

Poğaçanın örneklerinin nem içeriği standart AACC (Method No: 44-15A, AACC, 1995) yöntemine göre belirlenmiştir. Yönteme göre hazırlanan örnekten 2 g alınarak daha önce 130°C'de kurutulup desikatörde soğutularak darası alınmış olan kuru madde kaplarına 1 mg hassasiyetle tartılır ve 130°C'de 2 saat süreyle kurutulur. Etüv içerisindeyken kabın kapağı kapatılır ve desikatöre alınır. Oda sıcaklığına gelinceye kadar soğutulur ve tartılır. (Paraleller arasındaki fark %0,1'i geçmemelidir)

$$\text{Rutubet miktarı (\%)} = \frac{\left(\frac{E * B}{D}\right) + C}{A} * 100$$

A : Örneğin başlangıçtaki ağırlığı (g)

B : Örneğin havada kurutulduktan sonraki ağırlığı (g)

C : Havada kurutma sonucu rutubet kaybı (g)

D : Etüvde kurutulmak üzere alınan örnek miktarı (havada kurutulmuş örnek) (g)

E : Etüvde kurutma sonucu rutubet kaybı (g)

### 3.2.6. İstatistiksel Değerlendirme

Verilerin değerlendirilmesi amacıyla SPSS versiyon 11.5 (SPSS Inc., Chicago, IL) istatistik analiz paket programı kullanılmıştır. İncelenen bir değişken açısından ikiden fazla grubun birbirleriyle karşılaştırılmalarının gerektiği durumlarda ortalamalar arasında fark olup olmadığı One-Way ANOVA ile saptanmış ve farklılık % 95 güven aralığında Duncan testi ile değerlendirilmiştir. Uygulanan işlemler ve analizlerin tamamı tekrarlı olarak gerçekleştirilmiş ancak paralel sayısı (en az iki olmak üzere) yapılan analizin hassasiyetine gore değişiklik göstermiştir. İstatistiksel analizler de yapılan tekrar ve paralel sayılarına göre değerlendirilmiştir.



#### 4. BULGULAR ve TARTIŞMA

##### 4.1. UNUN KİMYASAL VE FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Çizelge 4.1. Unun kimyasal ve fizikokimyasal özellikleri

| Rutubet (%) | Yaş Gluten (%) | Kuru Gluten (%) | Gluten İndeks (%) | Bekletmeli Sedim Değeri | Sedim Değeri | Düşme Sayısı | Kül (%)  |
|-------------|----------------|-----------------|-------------------|-------------------------|--------------|--------------|----------|
| 12,48±0,6   | 26,36±1,6      | 7,27±0,4        | 61,73±1,2         | 29,83±1,2               | 24,92±2,6    | 449±10,7     | 0,54±0,1 |

Çizelge 4.2. Unun farinogram özellikleri

| Su Absorbsiyonu (%) | Gelişme Süresi (d) | Stabilite (d) | Yoğurma Toleransı (BU) | Yumuşama Değeri (BU) |
|---------------------|--------------------|---------------|------------------------|----------------------|
| 59,7                | 1,4                | 8,0           | 47                     | 130                  |

##### 4.2. POĞAÇA HAMURLARININ REOLOJİK ÖZELLİKLERİ

###### 4.2.1. Poğaç Hamurlarının Yapışkanlık Özelliği

Elde edilen analiz sonuçlarına göre yağı azaltılmış poğaç hamurlarının yapışkanlık özelliğinde, geleneksel poğaçaya göre bazı farklılıklar olduğu belirlenmiştir ( $p<0,05$ ; Çizelge 4.1). Denenen bütün formülasyonların yapışkanlık değeri incelendiğinde, yağ ikame miktarının artması ile, hamurun yapışkanlık değerinin de arttığı görülmüştür ( $p<0,05$ ). Yağı azaltılmış hamur örneklerinde, yapışkanlığın ikame miktarına bağlı olarak artması ile beraber, yapışkanlıktaki değişimler yağ ikame maddesinin tipine göre de değişmektedir.

Çizelge 4.3’de görüldüğü gibi yağı %20, %30 ve %40 oranlarında azaltılmış ve belirli miktarlarda inülin eklenen formülasyonlarda, 5 ve 10 g (g/100g un bazında) inülin eklenen örneklerin yapışkanlık özelliği arasında önemli bir farklılık gözlemlenmemiştir ( $p>0,05$ ). 15 g (g/100g un bazında) inülin eklenen örneklerin yapışkanlığının çok yüksek oranda artması sonucunda işlenebilirlik özelliklerini yitirmiştir.

Çizelge 4.3. Yağı azaltılmış ve inülin ile ikame edilmiş poğaçaya hamuru örneklerinin yapışkanlığı

| Yağ İkame Tipi | Yağ Azaltma Oranı (%) | Eklenen İkame Miktarı (g/100g un) | Yapışkanlık (g)          |
|----------------|-----------------------|-----------------------------------|--------------------------|
|                | 0 (kontrol)           | 0                                 | 27,22±1,4 <sup>e</sup>   |
| İnülin         | 20                    | 5                                 | 28,33±2,0 <sup>d,e</sup> |
|                |                       | 10                                | 30,21±1,5 <sup>c,d</sup> |
|                |                       | 15                                | 41,01±2,7 <sup>a</sup>   |
|                | 30                    | 5                                 | 26,93±1,3 <sup>e</sup>   |
|                |                       | 10                                | 32,02±2,8 <sup>c</sup>   |
|                |                       | 15                                | 35,26±3,4 <sup>b</sup>   |
|                | 40                    | 5                                 | 28,71±4,5 <sup>d,e</sup> |
|                |                       | 10                                | 34,30±0,9 <sup>b</sup>   |
|                |                       | 15                                | 36,66±1,6 <sup>b</sup>   |

Aynı sütundaki farklı harfler, aynı sütundaki değerler arasında p<0,05 düzeyinde istatistiksel olarak farklılık olduğunu ifade etmektedir.

Çizelge 4.4’de görüldüğü gibi yağı üç farklı şekilde azaltılarak hazırlanan ve ikame olarak maltodekstrin (MD) eklenen örneklerin yapışkanlık özelliklerinde, ikame miktarının artmasıyla hamur yapışkanlığının arttığı görülmüştür (p<0,05).

Çizelge 4.4. Yağı azaltılmış ve maltodekstrin ile ikame edilmiş poğaçaya örneklerinin yapışkanlığı

| Yağ İkame Tipi | Yağ Azaltma Oranı (%) | Eklenen İkame Miktarı (g/100g un) | Yapışkanlık (g)          |
|----------------|-----------------------|-----------------------------------|--------------------------|
|                | 0 (kontrol)           | 0                                 | 27,21±1,45 <sup>f</sup>  |
| MD             | 20                    | 5                                 | 27,28±1,6 <sup>f</sup>   |
|                |                       | 10                                | 33,20±2,2 <sup>a</sup>   |
|                |                       | 15                                | 32,66±1,2 <sup>a,b</sup> |
|                | 30                    | 5                                 | 28,94±1,7 <sup>d,e</sup> |
|                |                       | 10                                | 29,91±1,9 <sup>c,d</sup> |
|                |                       | 15                                | 32,70±1,2 <sup>a,b</sup> |
|                | 40                    | 5                                 | 27,67±1,6 <sup>e,f</sup> |
|                |                       | 10                                | 32,66±1,8 <sup>a,b</sup> |
|                |                       | 15                                | 31,23±2,2 <sup>b,c</sup> |

Aynı sütundaki farklı harfler, aynı sütundaki değerler arasında p<0,05 düzeyinde istatistiksel olarak farklılık olduğunu ifade etmektedir. (MD: Maltodekstrin)

Çizelge 4.5’de görüldüğü gibi üç farklı oranda yağı azaltılmış ve polidekstroz (PD) eklenmiş formülasyonlarda, ikame miktarı arttıkça hamur

örneklerinin yapışkanlığı artmıştır. Kontrol örnekle kıyaslandığında ise, 5 g ikame eklenen örnekler ile kontrol örnek arasında istatistiksel bir farklılık gözlenmemiştir. 10 g ve 15 g ikame eklenen örnekler ile kontrol örneğin yapışkanlık değeri arasında belirgin farklılıklar görülmüştür ( $p<0,05$ ). Ayrıca 15 g (g/100g un bazında) inülin eklenen örneklerin yapışkanlığının çok yüksek oranda artması sonucunda işlenebilirlik özelliklerini yitirmiştir.

Çizelge 4.5. Yağı azaltılmış ve polidekstroz ile ikame edilmiş poğaç örneklerinin yapışkanlığı

| Yağ İkame Tipi | Yağ Azaltma Oranı (%) | Eklenen İkame Miktarı (g/100g un) | Yapışkanlık (g)          |
|----------------|-----------------------|-----------------------------------|--------------------------|
|                | 0 (kontrol)           | 0                                 | 27,21±1,5 <sup>d,e</sup> |
| PD             | 20                    | 5                                 | 28,20±2,7 <sup>d</sup>   |
|                |                       | 10                                | 31,96±2,2 <sup>c</sup>   |
|                |                       | 15                                | 37,15±1,7 <sup>a</sup>   |
|                | 30                    | 5                                 | 25,60±1,9 <sup>e</sup>   |
|                |                       | 10                                | 30,36±1,2 <sup>c</sup>   |
|                |                       | 15                                | 35,36±1,6 <sup>b</sup>   |
|                | 40                    | 5                                 | 27,21±2,4 <sup>d,e</sup> |
|                |                       | 10                                | 28,56±1,8 <sup>d</sup>   |
|                |                       | 15                                | 33,95±1,4 <sup>b</sup>   |

Aynı sütundaki farklı harfler, aynı sütundaki değerler arasında  $p<0,05$  düzeyinde istatistiksel olarak farklılık olduğunu ifade etmektedir. (PD: Polidekstroz)

Elde edilen bu bulgulara göre ikame miktarı arttıkça yapışkanlık değerinin arttığı görülmüştür ( $p<0,05$ ). Literatürde, ekme hamuruna yağ ikamesi, besinsel lif, hidrokolloid gibi su absorblama özelliğine sahip materyaller eklenmesiyle su absorpsiyonunun arttığı belirtilmiştir [Rosell ve Rojas, 2001; Rao ve Manohar, 2007]. Su absorpsiyonundaki artış, hamurun yapışkanlığını artırmaktadır. Yağı azaltılmış poğaç örneklerinde kullanılan ikame maddelerinin su tutma özelliklerinden dolayı ikame miktarının artmasıyla hamurda yapışkanlığın arttığı görülmüştür ( $p>0,05$ ).

Ghodke yaptığı bir çalışmada, Hindistan'da geleneksel bir fırıncılık ürünü olan chapatti'ye guar gam eklemiş ve guar gam'ın chapatti hamurunun reolojik özellikleri üzerine etkisini incelemiştir. Yapılan bu çalışmanın sonucunda, chapatti formulasyonunda guar gam miktarının artmasıyla hamurun yapışkanlığının arttığı belirlenmiştir. Bu çalışmanın sonuçları, yağı azaltılmış

poğaçta örneklerinde elde edilen sonuçlarla uyum sağlamaktadır. Ghodke, yapışkanlıktaki bu artışı hidrokolloidlerin su absorplaması sonucu glutenin tuttuğu su miktarındaki azalma ile açıklamıştır. Belirtilen bu çalışmada, su absorpsiyonunun genellikle hamur yapışkanlığını etkileyen en önemli parametre olduğu ve yüksek su absorpsiyonunun hamurun daha yapışkan olmasına neden olduğu belirtilmiştir [Ghodke, 2009].

#### 4.2.2. Poğaçta Hamurlarının Uzama Direnci ve Uzama Kabiliyeti

Yapılan analizler sonucu elde edilen bulgulara göre, yağı azaltılmış poğaçta hamurlarının uzama kabiliyeti ve uzama direncinin, formülasyona eklenen ikame miktarı ve tipinden etkilendiği görülmüştür (Çizelge 4.4, 4.5, 4.6). Denenen formülasyonlarda yağ miktarı azaldıkça, uzama kabiliyetinde önemli bir farklılık gözlenmezken, uzama direncinin arttığı görülmüştür ( $p<0,05$ ). Ayrıca her üç ikame tipinde de ikame miktarı arttıkça uzama kabiliyeti ve uzama direncinde azalma görülmüştür ( $p<0,05$ ).

Çizelge 4.6'de elde edilen sonuçlara göre, kontrol örnekle kıyaslandığında, yağı %20 oranında azaltılan ve 5 g (100 g un bazında) inülin eklenen örneğin uzayabilirliğinin ve uzama direncinin arttığı görülmüştür ( $p<0,05$ ). Bununla birlikte 10 g (100 g un bazında) inülin eklenen örnek ile kontrol örneğin uzama ve uzama direnci değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık görülmezken, 15 g (100 g un bazında) inülin eklenen örneğin bu değerlerinde önemli bir düşüş saptanmıştır. Yağı %30 ve %40 oranında azaltılan örneklerin uzayabilirliğinin ve uzama direncinin, kontrol örneğe göre daha yüksek olduğu ancak ikame miktarı artmasıyla bu değerlerde düşüş olduğu görülmüştür ( $p<0,05$ ).

Çizelge 4.6. Yağı azaltılmış ve inülin ile ikame edilmiş poğaça örneklerinin uzayabilirliği ve uzama direnci

| Yağ İkame Tipi | Yağ Azaltma Oranı (%) | Eklenen İkame Miktarı (g/100g un) | Uzama (mm)               | Uzama Direnci (g)        |
|----------------|-----------------------|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------|
|                | kontrol               | 0                                 | 10,47±1,3 <sup>e</sup>   | 16,6±2,9 <sup>d</sup>    |
| İnülin         | 20                    | 5                                 | 13,63±1,0 <sup>d</sup>   | 26,78±1,2 <sup>b</sup>   |
|                |                       | 10                                | 11,42±1,8 <sup>e</sup>   | 15,25±1,6 <sup>d</sup>   |
|                |                       | 15                                | 8,07±1,0 <sup>f</sup>    | 10,25±1,5 <sup>e</sup>   |
|                | 30                    | 5                                 | 15,26±2,6 <sup>c</sup>   | 23,00±4,9 <sup>c</sup>   |
|                |                       | 10                                | 15,75±1,2 <sup>b,c</sup> | 22,94±3,6 <sup>c</sup>   |
|                |                       | 15                                | 13,70±1,4 <sup>c,d</sup> | 16,32±1,8 <sup>d</sup>   |
|                | 40                    | 5                                 | 16,94±1,8 <sup>b</sup>   | 43,52±7,67 <sup>a</sup>  |
|                |                       | 10                                | 15,85±2,2 <sup>b,c</sup> | 19,53±2,5 <sup>b,c</sup> |
|                |                       | 15                                | 16,54±1,6 <sup>b,c</sup> | 24,67±6,0 <sup>b,c</sup> |

Aynı sütundaki farklı harfler, aynı sütundaki değerler arasında  $p < 0,05$  düzeyinde istatistiksel olarak farklılık olduğunu ifade etmektedir.

Çizelge 4.7’de görüldüğü gibi, yağı azaltılmış poğaça örneklerinin uzayabilirliğinin, kontrol örnekle kıyaslandığında daha yüksek olduğu görülmüştür ( $p > 0,05$ ). Sadece yağı %20 azaltılmış ve 15 g (100 g un bazında) MD eklenmiş örneğin uzama değeri ile kontrol örneğin uzama değeri arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık görülmemiştir. Poğaça örneklerinin uzama direnci sonuçlarına bakıldığında ise, yağı %20 oranında azaltılmış örneklerden 5 g (100 g un bazında) MD eklenen örneği uzama direnci kontrol örneğin uzama direncinden yüksek çıkarken 10 g ve 15 g (100 g un bazında) MD eklenen örneklerde düşüş görülmüştür ( $p > 0,05$ ). Yağı %30 ve %40 oranında azaltılan örneklerin uzama dirençlerinin kontrol örneğin uzama direncinden belirgin bir farkla yüksek olduğu görülmüştür ( $p < 0,05$ ).

Çizelge 4.7. Yağı azaltılmış ve maltodekstrin ile ikame edilmiş poğaça örneklerinin uzayabilirliği ve uzama direnci

| Yağ İkame Tipi | Yağ Azaltma Oranı (%) | Eklenen İkame Miktarı (g/100g un) | Uzama (mm)                 | Uzama Direnci (g)        |
|----------------|-----------------------|-----------------------------------|----------------------------|--------------------------|
|                | kontrol               | 0                                 | 10,47±1,3 <sup>t</sup>     | 16,60±2,9 <sup>t</sup>   |
| Maltodekstrin  | 20                    | 5                                 | 14,57±1,1 <sup>c,d,e</sup> | 22,06±1,6 <sup>d,e</sup> |
|                |                       | 10                                | 13,33±1,6 <sup>e</sup>     | 13,64±1,5 <sup>g</sup>   |
|                |                       | 15                                | 11,36±1,7 <sup>t</sup>     | 12,55±1,4 <sup>g</sup>   |
|                | 30                    | 5                                 | 16,23±1,8 <sup>a,b</sup>   | 24,76±2,2 <sup>c</sup>   |
|                |                       | 10                                | 14,39±1,3 <sup>d,e</sup>   | 19,94±1,7 <sup>e</sup>   |
|                |                       | 15                                | 14,32±1,2 <sup>d,e</sup>   | 22,28±1,2 <sup>d,e</sup> |
|                | 40                    | 5                                 | 15,23±2,1 <sup>b,c,d</sup> | 23,60±5,0 <sup>c,d</sup> |
|                |                       | 10                                | 15,92±2,5 <sup>a,b,c</sup> | 29,32±4,4 <sup>b</sup>   |
|                |                       | 15                                | 16,72±1,3 <sup>a</sup>     | 33,62±3,2 <sup>a</sup>   |

Aynı sütundaki farklı harfler, aynı sütundaki değerler arasında p<0,05 düzeyinde istatistiksel olarak farklılık olduğunu ifade etmektedir. (MD: Maltodekstrin)

Çizelge 4.8'den elde edilen sonuçlara göre, yağı azaltılmış ve 5 g (100 g un bazında) polidekstroz (PD) eklenmiş örneklerin uzama ve uzama direnci değerlerinin, kontrol örneğinin değerlerinden yüksek olduğu, ancak ikame maddesi arttıkça bu değerlerin düştüğü görülmüştür (p<0,05). Hatta 15 g (100 g un bazında) PD eklenen örneklerin bu değerlerinin kontrolden daha düşük olduğu saptanmıştır (p<0,05).

Çizelge 4.8. Yağı azaltılmış ve polidekstroz ile ikame edilmiş poğaçaya örneklerinin uzayabilirliği ve uzama direnci

| Yağ İkame Tipi | Yağ Azaltma Oranı (%) | Eklenen İkame Miktarı (g/100g un) | Uzama (mm)             | Uzama Direnci (g)      |
|----------------|-----------------------|-----------------------------------|------------------------|------------------------|
|                | kontrol               | 0                                 | 10,47±1,3 <sup>e</sup> | 16,60±2,9 <sup>e</sup> |
| PD             | 20                    | 5                                 | 15,90±1,2 <sup>c</sup> | 28,74±1,7 <sup>c</sup> |
|                |                       | 10                                | 11,30±0,9 <sup>f</sup> | 13,45±0,8 <sup>f</sup> |
|                |                       | 15                                | 8,11±1,3 <sup>g</sup>  | 9,70±1,4 <sup>g</sup>  |
|                | 30                    | 5                                 | 16,15±1,6 <sup>b</sup> | 36,65±5,2 <sup>b</sup> |
|                |                       | 10                                | 14,00±1,8 <sup>d</sup> | 21,40±1,5 <sup>d</sup> |
|                |                       | 15                                | 9,41±1,9 <sup>g</sup>  | 9,80±1,0 <sup>g</sup>  |
|                | 40                    | 5                                 | 15,64±1,6 <sup>a</sup> | 47,99±2,8 <sup>a</sup> |
|                |                       | 10                                | 15,75±2,2 <sup>d</sup> | 19,46±2,5 <sup>d</sup> |
|                |                       | 15                                | 12,72±1,2 <sup>e</sup> | 15,90±0,6 <sup>e</sup> |

Aynı sütundaki farklı harfler, aynı sütundaki değerler arasında  $p<0,05$  düzeyinde istatistiksel olarak farklılık olduğunu ifade etmektedir. (PD: Polidekstroz)

Elde edilen bu bulgulara göre, poğaçaya örneklerinde yağ miktarı azaldıkça, örneklerin uzama direnci artmıştır ( $p<0,05$ ). Uzayabilirlik özelliği ise yağ miktarı azaldıkça artma eğilimi göstermiş 15 g ikame eklenen formülasyonlarda ise belirgin bir artış gözlenmiştir. Zoulikha ve ark., yaptıkları bir çalışmada, yağın hidrasyondan önce un ile karıştırıldığında, yağın gluten ağ oluşumunu engellediğini ve daha az elastik bir hamur oluşumu sağladığını belirtmişlerdir [Zoulikha ve Jean-Marie, 1998].

Yağı azaltılmış poğaçaya örneklerinde ikame maddesi miktarı arttıkça uzama ve uzama direnci değerlerinde düşüş olduğu görülmüştür ( $p<0,05$ ). Khatka ve ark., yaptıkları bir çalışmada, hamurun gelişme prosesinin suyun eklenmesiyle başladığını açıklamıştır. Buna göre ilk olarak tüm içerikler hidrate olmakta ve yapışkan bir hal almaktadır. Karıştırma ile birlikte viskozite artmakta ve gittikçe yapışkan halden, yapışkan olmayan viskoelastik yapıyı almaya başlamaktadır. Bu aşamada hamurun elastik ve uzayabilir yapıda olduğu belirtilmektedir. Bu açıklamaya göre, yağı azaltılmış poğaçaya örneklerinde, eklenen ikame

maddelerinin suyun önemli bir kısmını absorblamalarından dolayı, gluten ağ yapısının yeterince oluşmadığı sonucuna varılmaktadır. Dolayısı ile hamurun uzayabilirliği ve uzama direnci düşmektedir. Buna bağlı olarak fermentasyon aşamasında üretilen gaz kabarcıkları yapıda tutulamamakta ve son üründe düşük hacim oluşumuna neden olmaktadır [Khatkar, 2004]. Autio ve ark.'nın yapmış oldukları bir derlemede, ekmekek hamuruna lif eklenmesinin gluten ağ yapısını zayıflattığını ve buna bağlı olarak hamurun uzayabilirliği ve uzama direncinin azaldığını ifade etmişlerdir [Autio ve Laurikainen, 1997]. Hamur viskoelastik özelliği ile fermentasyon sırasında üretilen gazı yapısında tutma yeteneğine sahiptir [Khatkar, 2004]. Fermentasyon, karışma sırasında yapıda oluşana hava kabarcıklarının genişlemesini sağlayarak ürünün gözenekli karakteristik yapısını sağlayan önemli bir aşamadır. Pişme sırasındaki gaz kabarcıklarının gelişimi, hamurun yayılmasını, pişmiş üründe son hacmi ve tekstürü belirlemektedir [Dobraszczyk ve Morgenstern, 2003]. Sonuç olarak yağı azaltılmış poğaçalar örneklerinin uzama özelliklerindeki değişimlerin, literatürdeki diğer çalışmalarla uyum içerisinde olduğu görülmüştür.

### 4.3. POĞAÇA ÖRNEKLERİNİN DUYUSAL VE BAZI FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

#### 4.3.1. Poğaçalar Örneklerinin Duyusal Özellikleri

Çizelge 4.9'de görüldüğü gibi formulasyonlarda yağ miktarı azaldıkça uygulanan duyusal test kriterlerinin aldığı puanlarda düşüş gözlenmiştir. Panelistlerin verdiği puanlamalarda, duyusal testte bulunan tüm kriterler için yağı %20 ve %30 seviyesinde azaltılan formulasyonlar arasında önemli bir farklılık gözlenmezken, yağı %40 seviyesinde azaltılan formulasyonların tamamı bütün test kriterlerinden düşük puan almıştır ( $p < 0,05$ ). Ancak yağı %40 seviyesinde azaltılan formulasyonlar arasında sadece 5 g polidekstroz eklenen formulasyonun diğerleriyle benzer puan aldığı görülmüştür ( $p > 0,05$ ).

Yağı azaltılan poğaçalar örneklerinin, dış görünüş ve iç kesit görüntüsü özelliklerinde gözlenen sonuçlara göre inülin ile ikame edilen örneklerde %20 ve %30 oranında yağı azaltılan örnekler kontrolle benzer puanlar alırken, %40



oranında yağı azaltılan örneklerde puan düşüşü gözlenmiştir ( $p<0,05$ ). MD ile ikame edilen ve yağın %20 ve %30 azaltıldığı örneklerin ise kontrolden daha yüksek puan aldığı gözlenmiştir ( $p<0,05$ ). Ancak yağın %40 azaltıldığı örneklerde kontrole göre önemli bir düşüş gözlenmiştir. PD ile ikame edilen örneklerde ise yağ %20 ve %30 oranında azaltılmış örnekler kontrole benzer puanlar almıştır. Yağı %40 oranında azalan örneklerde ise diğer ikamelere benzer şekilde puan düşüşü gözlenmiştir. Yağı %40 oranında azaltılan bütün örneklerin dış görünüş özelliğinden kontrole göre düşük puan almasının nedeninin, bu örneklerin kontrol örneğe göre daha küçük hacimli olmaları ve yüzeyinde çatlaklar bulunmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Yağı %40 oranında azaltılan örneklerin iç kesit görüntü özelliğinde görülen puan düşüşünün ise bozuk gözenek yapısı ile ilgili olduğu ve bu durumun yağ ikame maddelerinin yağın sağladığı hava-su içyüzey stabilizasyonunu sağlayamamış olmasından kaynaklanmış olabileceğini [Koçer ve Hiçşamaz, 2007] göstermektedir.

Yağı azaltılan poğaç örneklerinin yumuşaklık özelliğinin, kontrole kıyaslandığında yağ miktarı azaldıkça yumuşaklığın azaldığı görülmüştür ( $p<0,05$ ). 0-5 arasında puanlandırma uygulanan duyuşal testte yapışkanlık özelliği için, 0: çok yapışkan, 5: hiç yapışmayan şeklinde tanımlanmıştır. Bu değerlendirmeye göre elde edilen sonuçlarda, inülin ile ikame edilen örneklerde yağ azaldıkça yapışkanlığın önemli ölçüde arttığı görülmüştür ( $p<0,05$ ). Ancak MD ve PD ile ikame edilen örneklerde ise yağın azalması, poğaçaların yapışkanlık özelliğine bir etki göstermemiştir.

Çizelge 4.9. Kontrol örneğin ve yağı azaltılmış poğaç örneklerinin duysal analizi

|               | Yağ azaltma oranı (%) | Yağ ikame miktarı (g/100 g un) | Dış Görünüş                  | İç Kesit Görüntüsü           | Yumuşaklık                   | Yapışkanlık                  | Tat                      | Genel Beğeni                     |
|---------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------|----------------------------------|
|               | Kontrol               | 0                              | 3,8±0,4 <sup>a,b,c,d</sup>   | 3,6±0,4 <sup>a,b,c,d</sup>   | 3,6±0,3 <sup>a</sup>         | 4,3±0,5 <sup>a,b,c</sup>     | 3,7±0,4 <sup>a,b</sup>   | 3,4±0,4 <sup>a,b,c,d</sup>       |
| İnülin        | 20                    | 5                              | 3,6±0,7 <sup>a,b,c,d</sup>   | 3,4±0,8 <sup>a,b,c,d,e</sup> | 3,2±0,9 <sup>a,b,c,d</sup>   | 2,8±1,2 <sup>a,b,c,d,e</sup> | 3,3±1,3 <sup>a,b,c</sup> | 3,2±0,7 <sup>a,b,c,d,e,f,g</sup> |
|               |                       | 10                             | 3,2±1,0 <sup>a,b,c,d,e</sup> | 2,6±0,7 <sup>d,e,f</sup>     | 2,9±0,9 <sup>a,b,c,d,e</sup> | 2,7±0,8 <sup>b,c,d,e</sup>   | 3,4±0,8 <sup>a,b,c</sup> | 3,0±0,6 <sup>a,b,c,d,e,f,g</sup> |
|               | 30                    | 5                              | 3,5±0,8 <sup>a,b,c,d,e</sup> | 3,0±0,8 <sup>c,d,e,f</sup>   | 2,3±0,8 <sup>d,e,f</sup>     | 3,1±0,8 <sup>a,b,c,d</sup>   | 3,2±1,1 <sup>a,b,c</sup> | 3,0±0,7 <sup>a,b,c,d,e,f,g</sup> |
|               |                       | 10                             | 3,5±1,0 <sup>a,b,c,d,e</sup> | 2,4±1,0 <sup>e,f</sup>       | 2,1±0,8 <sup>e,f</sup>       | 2,6±0,9 <sup>b,c,d,e</sup>   | 3,3±1,2 <sup>a,b,c</sup> | 2,8±1,2 <sup>b,c,d,e,f,g</sup>   |
|               | 40                    | 5                              | 2,7±0,9 <sup>c,d,e</sup>     | 2,4±1,2 <sup>e</sup>         | 1,6±1,3 <sup>f,g</sup>       | 2,0±1,4 <sup>d,e,f</sup>     | 2,6±1,3 <sup>b,c,d</sup> | 2,1±1,1 <sup>g</sup>             |
|               |                       | 10                             | 1,5±0,8 <sup>f</sup>         | 1,1±0,7 <sup>g</sup>         | 1,0±0,4 <sup>g</sup>         | 1,3±0,9 <sup>f</sup>         | 1,8±0,9 <sup>d</sup>     | 1,3±0,8 <sup>h</sup>             |
| Maltodekstrin | 20                    | 5                              | 4,3±0,5 <sup>a</sup>         | 4,2±0,7 <sup>a</sup>         | 3,6±1,2 <sup>a</sup>         | 3,9±1,1 <sup>a</sup>         | 4,1±1,3 <sup>a</sup>     | 4,0±1,3 <sup>a</sup>             |
|               |                       | 10                             | 3,8±0,5 <sup>a,b,c</sup>     | 3,6±0,8 <sup>a,b,c</sup>     | 3,7±0,5 <sup>a</sup>         | 2,5±1,2 <sup>b,c,d,e</sup>   | 3,5±0,5 <sup>a,b</sup>   | 3,3±0,9 <sup>a,b,c,d,e,f</sup>   |
|               |                       | 15                             | 3,2±1,2 <sup>a,b,c,d,e</sup> | 3,1±0,9 <sup>b,c,d,e</sup>   | 2,5±1,0 <sup>b,c,d,e</sup>   | 1,9±1,1 <sup>d,e,f</sup>     | 2,9±0,7 <sup>b,c</sup>   | 2,8±0,9 <sup>b,c,d,e,f,g</sup>   |
|               | 30                    | 5                              | 4,2±0,9 <sup>a,b</sup>       | 4,1±0,6 <sup>a,b</sup>       | 3,2±1,0 <sup>a,b,c,d</sup>   | 3,6±1,2 <sup>a,b</sup>       | 3,7±0,8 <sup>a,b</sup>   | 3,8±0,7 <sup>a,b,c</sup>         |
|               |                       | 10                             | 3,2±0,6 <sup>a,b,c,d,e</sup> | 3,4±0,7 <sup>a,b,c,d,e</sup> | 3,2±0,6 <sup>a,b,c,d</sup>   | 2,4±0,8 <sup>b,c,d,e,f</sup> | 2,7±0,7 <sup>b,c,d</sup> | 2,7±0,4 <sup>c,d,e,f,g</sup>     |
|               |                       | 15                             | 3,0±1,2 <sup>b,c,d,e</sup>   | 3,3±0,8 <sup>a,b,c,d,e</sup> | 2,9±0,8 <sup>a,b,c,d,e</sup> | 2,3±0,8 <sup>c,d,e,f</sup>   | 3,0±1,1 <sup>a,b,c</sup> | 2,8±1,2 <sup>b,c,d,e,f,g</sup>   |
|               | 40                    | 5                              | 2,7±1,1 <sup>c,d,e</sup>     | 3,7±0,9 <sup>a,b,c</sup>     | 3,2±0,6 <sup>a,b,c,d</sup>   | 1,9±0,6 <sup>e,f</sup>       | 2,3±0,8 <sup>c,d</sup>   | 2,6±1,0 <sup>d,e,f,g</sup>       |
|               |                       | 10                             | 2,7±1,2 <sup>c,d,e</sup>     | 2,7±0,9 <sup>c,d,e,f</sup>   | 2,8±0,7 <sup>a,b,c,d,e</sup> | 2,2±1,0 <sup>c,d,e,f</sup>   | 2,6±0,4 <sup>b,c,d</sup> | 2,5±0,8 <sup>e,f,g</sup>         |
|               |                       | 15                             | 2,3±1,3 <sup>e,f</sup>       | 2,0±1,1                      | 2,5±0,9 <sup>b,c,d,e</sup>   | 2,0±1,1 <sup>d,e,f</sup>     | 2,7±1,0 <sup>b,c,d</sup> | 2,2±0,8 <sup>f,g,h</sup>         |
| Polidekstroz  | 20                    | 5                              | 4,0±0,5 <sup>a,b</sup>       | 4,1±0,5 <sup>a,b</sup>       | 3,6±0,5 <sup>a</sup>         | 2,8±1,2 <sup>a,b,c,d,e</sup> | 3,8±0,9 <sup>a,b</sup>   | 3,8±0,9 <sup>a,b</sup>           |
|               |                       | 10                             | 3,2±1,2 <sup>a,b,c,d,e</sup> | 3,5±0,8 <sup>a,b,c,d</sup>   | 3,5±0,7 <sup>a,b</sup>       | 3,3±0,8 <sup>a,b,c</sup>     | 3,7±1,0 <sup>a,b</sup>   | 3,6±0,9 <sup>a,b,c,d,e</sup>     |
|               | 30                    | 5                              | 3,1±1,6 <sup>a,b,c,d,e</sup> | 3,2±1,4 <sup>a,b,c,d,e</sup> | 2,9±0,5 <sup>a,b,c,d,e</sup> | 2,7±0,8 <sup>b,c,d,e</sup>   | 3,6±1,1 <sup>a,b</sup>   | 3,5±1,0 <sup>a,b,c,d,e</sup>     |
|               |                       | 10                             | 3,2±1,6 <sup>a,b,c,d,e</sup> | 2,8±1,3 <sup>c,d,e,f</sup>   | 2,5±1,2 <sup>c,d,e,f</sup>   | 3,0±1,1 <sup>a,b,c,d,e</sup> | 3,3±1,4 <sup>a,b,c</sup> | 3,2±1,4 <sup>a,b,c,d,e,f</sup>   |
|               | 40                    | 5                              | 3,4±1,0 <sup>a,b,c,d,e</sup> | 3,6±0,9 <sup>a,b,c</sup>     | 3,3±0,5 <sup>a,b,c</sup>     | 3,4±1,0 <sup>a,b,c</sup>     | 3,5±0,8 <sup>a,b</sup>   | 3,5±0,9 <sup>a,b,c,d,e</sup>     |
|               |                       | 10                             | 2,5±1,4 <sup>d,e</sup>       | 2,6±0,7 <sup>d,e,f</sup>     | 2,6±0,7 <sup>b,c,d,e</sup>   | 3,0±0,9 <sup>a,b,c,d,e</sup> | 2,9±0,5 <sup>b,c</sup>   | 2,7±0,9 <sup>b,c,d,e,f,g</sup>   |

Aynı sütundaki farklı harfler, aynı sütundaki değerler arasında p<0,05 düzeyinde istatistiksel olarak farklılık olduğunu ifade etmektedir

Yağı azaltılmış poğaçaya örneklerinin tat ve genel beğeni kriterleri, kontrolle kıyaslandığında, yağı %20 ve %30 oranında azaltılan örnekler kontrolle benzer puanlar aldığı gözlenmiştir ( $p>0,05$ ). Ancak yağı %40 oranında azaltılan örneklerde inülin ve maltodekstrin ile ikame edilen örneklerde puan düşüşü gözlenirken, polidekstroz ile ikame edilen örneklerde kontrole benzer puanlar almıştır ( $p>0,05$ ).

İkame olarak inülin kullanılan formulasyonlarda inülin miktarı arttıkça, dış görünüş özelliğinde yağın %20 ve %30 azaltıldığı örneklerin kontrole benzer olduğu görülmüştür ( $p>0,05$ ). Ancak yağı %40 azaltılan örneklerde inülin miktarı arttıkça puan düşüşünün arttığı gözlenmiştir ( $p<0,05$ ). Bu örneklerde yapışkanlık özelliğinin inülin miktarının artmasıyla belirgin bir şekilde arttığı gözlenmiştir ( $p<0,05$ ). Yumuşaklıkta da belirgin bir puan düşüşü gözlenmiştir ( $p<0,05$ ). Bu sonuçlara göre yağı %40 oranında azaltılmış örneklerde, inülinin, yağın sağladığı özellikleri sağlamada yeterli olmadığı görülmüştür.

İkame olarak MD kullanılan formulasyonların dış görünüş ve iç kesit görüntüsü özellikleri kontrol örnekle kıyaslandığında, yağ seviyesi %20 ve %30 seviyesinde azaltılan örneklerde 5 g MD ilave edilen örneklerin daha yüksek puanlar aldığı görülmüştür ( $p<0,05$ ). 10 ve 15 g MD eklenen örneklerin ise kontrolle benzer puanlar aldıkları görülmüştür. Ancak %40 oranında yağı azaltılan örneklerde 5 ve 10 g MD eklenen örneklerin kontrolden düşük puan aldığı ancak aralarında istatistiksel olarak önemli bir farklılık olmadığı saptanmıştır. Örneklerin yumuşaklık özelliklerinin 5 ve 10 g MD ilave edilenlerinde kontrolle benzer puan aldıkları görülmüştür ( $p>0,05$ ). Ancak 15 g eklenen örneklerde ve yağı %40 azaltılıp 10 g eklenen örneklerde puan düşüşü gözlenmiştir ( $p<0,05$ ). Örneklerin yapışkanlık özelliği ise yağı %20 ve %30 oranında azaltılıp 5 g MD eklenen örneklerin kontrolle benzer puan aldığı gözlenmiştir ( $p>0,05$ ). MD ile ikame edilen bu örnekler dışındaki diğer örnekler kontrolden belirgin düzeyde düşük puan almıştır ( $p<0,05$ ). Ayrıca örneklerde MD miktarı arttıkça puan düşüşü de artmıştır.

İkame olarak PD kullanılan örneklerden yağı %20 oranında azaltılan ve 5 g PD eklenen örneklerin dış görünüş ve iç kesit görüntüsü özelliklerinin

kontrolden daha yüksek puan aldığı görülmüştür ( $p<0,05$ ). Bununla birlikte yağı %20 oranında azaltılan ve 10 g PD eklenen, %30 oranında azaltılan ve 5-10 g PD eklenen ve yağı %40 oranında azaltılan ve 5 g PD eklenen örneklerin de kontrolle benzer puanlar aldıkları görülmüştür ( $p>0,05$ ). Ancak yağı %40 azaltılan ve 10 g PD eklenen örneğin kontrole göre daha düşük puan aldığı görülmüştür ( $p<0,05$ ). PD ile ikame edilen örneklerin yumuşaklık özellikleri kontrol örnekle kıyaslandığında, yağı %20 oranında azaltılan örneklerin kontrolle benzer puanlar aldığı görülmüştür ( $p<0,05$ ). Yağı %30 ve %40 oranında azaltılan örneklerde ise 5 g PD eklenenler kontrole benzer puanlar alırken, 10 g PD eklenen örnekler kontrolden düşük puan almıştır. Buna göre yağın %20 azaltıldığı formülasyonlarda ikame miktarının artması bir etki göstermezken, yağın %30 ve %40 oranında azaltıldığı formülasyonlarda ikame miktarı arttıkça yumuşaklığın azaldığı görülmüştür. PD ile ikame edilen örneklerin yapışkanlık özelliğinin 5 g PD eklenen örneklerde kontrolden daha düşük olduğu gözlenmiştir. Ancak ikame miktarı arttıkça puanlar da artmış ve 10 g PD eklenen örneklerde yapışkanlığın kontrole benzer özellik gösterdiği görülmüştür ( $p>0,05$ ).

Yağı azaltılan örneklerin tat ve genel beğeni kriterlerinin, kontrolle kıyaslandığında her üç ikame tipinde de %20, %30 oranında yağı azaltılan örneklerin ve %40 oranında yağı azaltılan ve 5 g PD eklenen örneğin kontrolle benzer puan aldığı görülmüştür. Diğer örneklerin ise kontrolden daha düşük aldığı gözlenmiştir. Bu bulgulara göre inülin ve MD nin poğaçada yağı %40 oranında ikame edemediği ve formülasyonlara belirli miktarlarda eklenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. PD'nin ise diğer ikamelerle kıyasla yağın %40 azaltıldığı formülasyonlarda da ikame edebileceği ancak belirli miktarlarda ilave edilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. İkame maddelerinin miktarlarının poğaçada belirli bir seviyeden sonra, arttıkça poğaçanın duyu özelliklerinde olumsuz etki gösterdikleri gözlenmiştir. Daha önce muffinle yapılan çalışmada da yağ ikame miktarının artmasıyla ürünün duyu özelliklerinde düşüş meydana geldiği belirtilmiştir. Bu durumun yağ ikame miktarının artmasıyla ürün nemi ve iç kısım yoğunluğunun önemli bir şekilde artması ve ürün hacminin azalmasıyla ilişkili olabileceği ifade edilmiştir [Zoulikha ve Jean-Marie, 1998].

Duyusal analiz sonuçlarına göre, bütün parametrelerde kontrol örneği ile istatistiki olarak aynı sonuçlar alan yağ ikame maddesi eklenmiş formülasyonlar seçilmiştir (Çizelge 4.10). Buradaki amaç duyusal olarak geleneksel poğaçaya benzer ancak yağı azaltılmış formülasyonlarda yağ ikame maddelerinin pişmiş poğça kalitesine etkilerinin incelenmesi hedeflenmiştir. Poğaçada kalite kriterleri olarak yüzey ve iç kesit sertliği, yüzey ve iç kesit rengi, hacim ve nem seçilmiştir.

Çizelge 4.10. Duyusal testte kontrol örnekle benzer özellik gösteren yağ azaltılmış örnekler

| Yağ İkame Türü | Yağ azaltma oranı (%) | Yağ ikame miktarı (g/100g) |
|----------------|-----------------------|----------------------------|
| İnülin         | 20                    | 5                          |
|                |                       | 10                         |
| MD             | 20                    | 5                          |
|                |                       | 10                         |
|                | 30                    | 5                          |
|                |                       | 10                         |
|                |                       | 15                         |
| PD             | 20                    | 5                          |
|                |                       | 10                         |
|                | 30                    | 5                          |
|                | 40                    | 5                          |

(MD: Maltodekstrin, PD: Polidekstroz)

#### 4.3.2. Poğaçaya Örneklerinin Tekstürel Özellikleri

Çizelge 4.10'da görüldüğü gibi poğaçaya örneklerinin iç kısım sertliğinin, yağ miktarının azalmasıyla arttığı görülmüştür ( $p<0,05$ ). Çünkü yağın yumuşaklık özelliği, hamurun yapım aşamasında hava ile karışmasını sağlamakta ve küçük hava kabarcıkları yağın içinde tutuklu kalmaktadır. Bu durumun hamurun pişerken yayılmasına ve ürüne yumuşak tekstür sağlamasına neden olduğu belirtilmektedir [Jeung ve Casimir, 2008].

Yağı azaltılmış örneklerin dış kabuk sertlik özellikleri üzerine yağ miktarının azalmasının bir etkisi olmamıştır ( $p<0,05$ ).

Çizelge 4.11. Kontrol örneğin ve yağı azaltılmış poğaçta örneklerinin tekstür analizi

| Yağ İkame Türü | Yağ azaltma oranı (%) | Yağ ikame miktarı (g/100g un) | İç Kısım Sertliği (g)        | Dış Kabuk Sertliği (g)      |
|----------------|-----------------------|-------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
|                | Kontrol               | 0                             | 559.7±136.3 <sup>d,e</sup>   | 613,96±81,0 <sup>f</sup>    |
| İnülin         | 20                    | 5                             | 459.8±61.2 <sup>f</sup>      | 598,94±85,6 <sup>f</sup>    |
|                |                       | 10                            | 722.7±109.2 <sup>b</sup>     | 1303,5±174,6 <sup>a</sup>   |
| MD             | 20                    | 5                             | 627.6±68.6 <sup>c,d</sup>    | 639,22±77,3 <sup>f</sup>    |
|                |                       | 10                            | 495.7±68.2 <sup>e,f</sup>    | 664,27±123,1 <sup>e,f</sup> |
|                | 30                    | 5                             | 599.9±79.9 <sup>c,d</sup>    | 624,77±56,2 <sup>f</sup>    |
|                |                       | 10                            | 622.8±74.4 <sup>c,d</sup>    | 697,60±98,0 <sup>e,f</sup>  |
|                |                       | 15                            | 645.3±136.3 <sup>b,c,d</sup> | 884,44±140,6 <sup>b,c</sup> |
|                | PD                    | 20                            | 5                            | 565.5±44.1 <sup>d,e</sup>   |
| 10             |                       |                               | 641.0±171.4 <sup>c,d</sup>   | 881,97±204,0 <sup>b,c</sup> |
| 30             |                       | 5                             | 694.5±150.9 <sup>b,c</sup>   | 750,39±84,8 <sup>d,e</sup>  |
| 40             |                       | 5                             | 799.1±125.5 <sup>a</sup>     | 943,42±121,0 <sup>b</sup>   |

Aynı sütundaki farklı harfler, aynı sütundaki değerler arasında  $p>0,05$  düzeyinde istatistiksel olarak farklılık olduğunu ifade etmektedir. (MD: Maltodekstrin, PD: Polidekstroz)

Çizelge 4.11’de görüldüğü gibi yağı azaltılmış ve inülin ile ikame edilmiş örneklerde, ikame miktarı arttıkça iç kısım sertliğinde belirgin bir artış gözlenmiştir ( $p<0,05$ ). MD eklenmiş örneklerde yağ ikame miktarının arttıkça, sertlik değerlerinin düştüğü gözlenmiştir ( $p<0,05$ ). Ayrıca 5 g inülin eklenen örneğin iç kısım sertlik değerinin kontrolden daha düşük olduğu görülmüştür ( $p<0,05$ ). Bu sonuç inülinin yağı %20 oranında azaltılmış poğaçta örneklerinde belirli oranlarda eklendiğinde tekstür geliştirici etkisi olduğunu göstermiştir. Yağı %20 azaltılmış ve 5 g inülin ile ikame edilen örneğin, kontrole aynı dış kabuk sertlik değerine sahip olduğu gözlenmiştir ( $p>0,05$ ). Ancak 10 g inülin eklenen örneğin sertlik değerinde ise kontrole göre belirgin bir artış gözlenmiştir ( $p<0,05$ ).

Zoulikha ve ark., yaptıkları bir çalışmada, muffin formulasyonunda yağı %50, %75 ve %100 oranlarında azaltıp, inülin ile ikame etmişlerdir. Yaptıkları bu çalışma sonucunda, sadece %50 oranında yağı azaltılan ve inülin ile ikame edilen örneğin sertlik değerinin kontrole benzer sonuç verdiğini belirlemişlerdir. İnülin miktarının artmasıyla sertliğin arttığını ifade etmişlerdir [Zoulikha ve Jean-Marie, 1998]. Yapılan bu çalışma ile yağı azaltılmış ve inülin ile ikame edilmiş poğaçta örneklerinin sertlik değerleri uyum göstermektedir .

MD ile ikame edilmiş örneklerin, yağı %20 oranında azaltılmış formulasyonlarında maltodekstrin miktarının artması ile iç kısım sertliğinin azaldığı gözlenmiştir. Diğer formulasyonlarla kontrol örneğin sertlik değeri arasında ise istatistiksel olarak bir farklılık görülmemiştir. MD nem tutma özelliğiyle, yağı %20 azaltılmış formulasyonlarda yağın sağladığı yumuşaklık özelliklerini sağlayabilmiştir. Ancak yağı %30 oranında azaltılan formulasyonların sertlik değerinin kontrole kıyaslandığında daha yüksek çıktığı görülmüştür. Yağı azaltılmış ve MD ile ikame edilmiş örneklerin dış kabuk sertlik değerinde, 5 ve 10 g MD eklenen örneklerde kontrole benzer değerler gösterirken ( $p>0,05$ ), 15 g eklenen örnekte ise kontrolden daha yüksek değerler göstermiştir ( $p<0,05$ ). Bu sonuçlara göre maltodekstrinin ancak belirli miktarlarda kullanıldığında poğaçta iyi bir ikame maddesi olabileceği kanısına varılmıştır.

PD ile ikame edilen örneklerin iç kısım sertlik değeri, yağın %20 oranında azaltıldığı formulasyonlarda kontrole benzer değerler göstermiş hatta 5 g polidekstroz eklenen örneğin sertlik değeri kontrolden daha düşük çıkmıştır ( $p<0,05$ ). Bu sonuca göre, polidekstrozun belirli oranlarda kullanıldığında poğaçta tekstür geliştirici etki gösterdiği kanısına varılmıştır. Yağ oranı %30 ve %40 oranında azaltılmış örneklerin iç kısım sertlik değeri kontrolden daha yüksek çıkmış, %40 yağı azaltılmış örnek ile kontrol arasında belirgin bir farklılık gözlenmiştir ( $p<0,05$ ). Yağı %20, %30 ve %40 oranında azaltılmış ve polidekstrozla ikame edilmiş tüm örneklerde dış kabuk sertlik değeri kontrolden daha yüksek çıkmıştır ( $p<0,05$ ). Kontrole arasında en belirgin farklılık gösteren örnek ise yağı %40 oranında azaltılan formulasyondur.

Elde edilen bulgulara göre, yağı azaltılmış poğaçta örnekleri arasında, kontrole en yakın tekstür özelliklerini, MD ile ikame edilen örneklerin sağladığı görülmektedir. Bunun MD'nin ikame maddeleri arasında nem tutma özelliği en fazla olan ikame maddesi olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

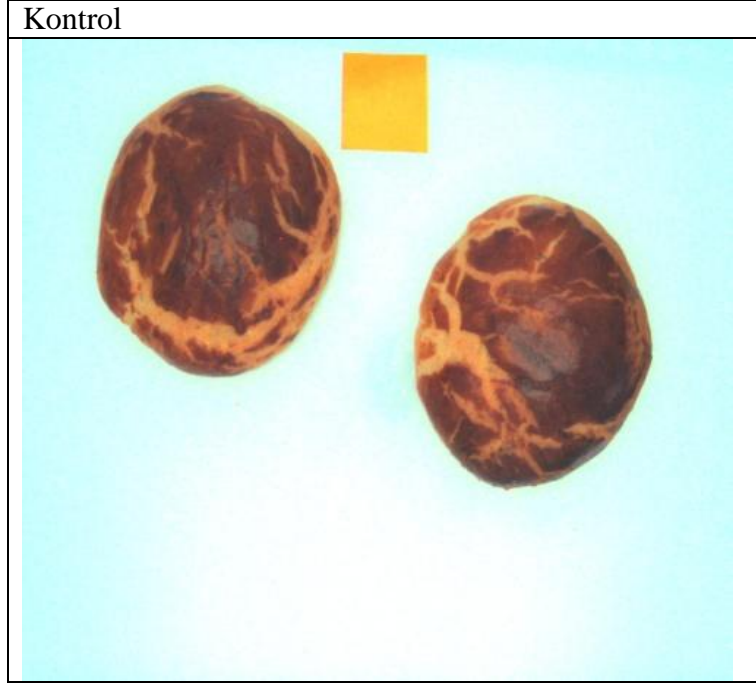
Zoulias ve ark. bisküvinin yağını %11,5, %23 ve %35 düzeyinde azaltıp, yağ ikamesi olarak PD, MD ve b-glukan kullanmıştır. Bu yağ ikame maddelerinin, bisküvi örneklerinin fiziksel, tekstürel ve duyuşal özellikleri üzerine etkilerini incelemiştir. Yapılan bu çalışma sonucunda, bisküvinin sertliğinin %11,5 ve %23 oranında ikame edilen örneklerde kontrole benzer değerler gösterirken %35 oranında ikame edilen örneklerin sertlik değerinin kontrol örneğe göre daha yüksek çıktığını ( $p<0,05$ ) belirlemiştir. Ayrıca bu durumun PD kullanılan örneklerde daha belirgin olduğunu ifade etmiştir [Zoulikha ve Jean-Marie, 1998]. Literatürdeki çalışmalarla, yağı azaltılmış poğaçta örneklerinden elde edilen sonuçlar uyum göstermektedir.

#### 4.3.3. Poğaçta Örneklerinin Renk Analizi

##### 4.3.3.1. Poğaçta Örneklerinin Dış Yüzey Rengi

Çizelge 4.12'de de görüldüğü gibi renk analiz sonuçlarına göre, yağı azaltılmış poğaçta örneklerinin parlaklık değerleri kontrol örnekle (Şekil 4.1) kıyaslandığında, yağı %20 oranında azaltılmış ve 5 g inülin eklenmiş poğaçta örneğinin (Şekil 4.2), kontrole benzer olduğu ancak 10 g inülin eklenen poğaçta örneğinin parlaklık değerinin kontrolden yüksek olduğu görülmüştür.



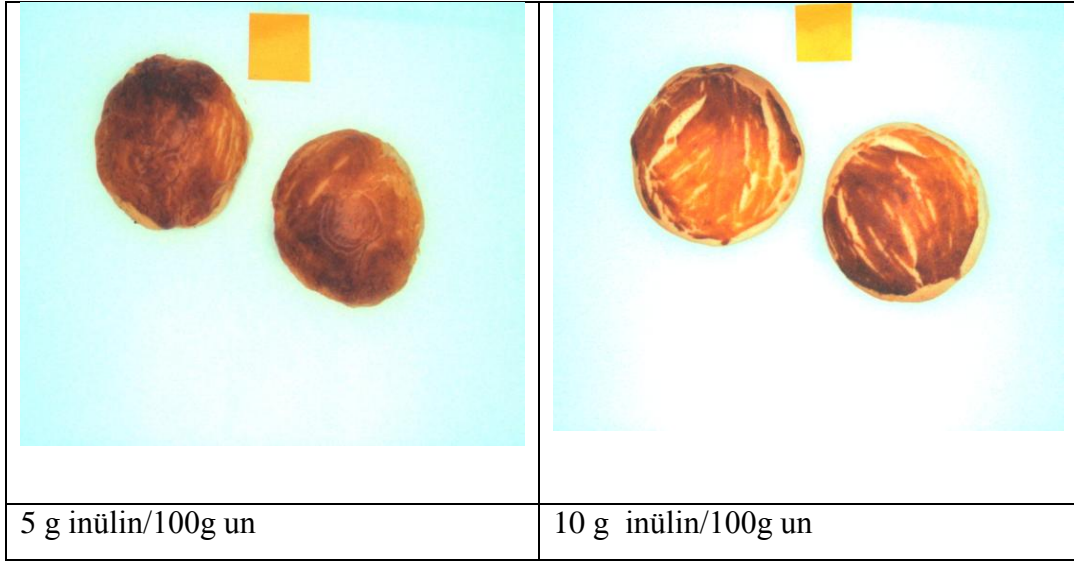


Şekil 4.1. Kontrol örneğin görüntüsü

Çizelge 4.12. Kontrol örneğin ve yağı azaltılmış poğaç örneklerinin dış yüzey renk analizi

|               | Yağ azaltma oranı (%) | Yağ ikame miktarı (g/100 g un) | L*                         | a*                       | b*                       |
|---------------|-----------------------|--------------------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|
|               | Kontrol               | 0                              | 41.28±4.9 <sup>g,h</sup>   | 27.17±3.8 <sup>b,c</sup> | 19.35±5.8 <sup>d</sup>   |
| İnülin        | 20                    | 5                              | 47.19±6.7 <sup>e,f,g</sup> | 28.62±3.8 <sup>b,c</sup> | 28.42±7.7 <sup>b,c</sup> |
|               |                       | 10                             | 52.25±1.4 <sup>d,e</sup>   | 39.56±1.2 <sup>a</sup>   | 30.41±2.4 <sup>b,c</sup> |
| Maltodekstrin | 20                    | 5                              | 39.64±3.9 <sup>h</sup>     | 28.42±2.9 <sup>b,c</sup> | 19.39±5.0 <sup>d</sup>   |
|               |                       | 10                             | 59.60±7.8 <sup>b,c</sup>   | 30.76±5.8 <sup>b</sup>   | 42.57±8.0 <sup>a</sup>   |
|               | 30                    | 5                              | 46.75±7.4 <sup>e,f,g</sup> | 29.57±5.1 <sup>b,c</sup> | 25.79±8.9 <sup>c</sup>   |
|               |                       | 10                             | 62.97±5.0 <sup>b</sup>     | 30.20±6.0 <sup>b</sup>   | 43.95±3.3 <sup>a</sup>   |
|               |                       | 15                             | 71.64±2.5 <sup>a</sup>     | 19.35±4.6 <sup>d</sup>   | 48.42±1.6 <sup>a</sup>   |
| Polidekstroz  | 20                    | 5                              | 38.17±6.2 <sup>h</sup>     | 24.71±3.5 <sup>c</sup>   | 16.56±7.0 <sup>d</sup>   |
|               |                       | 10                             | 54.70±6.3 <sup>c,d</sup>   | 29.64±1.9 <sup>b</sup>   | 34.39±6.3 <sup>b</sup>   |
|               | 30                    | 5                              | 48.41±4.9 <sup>e,f</sup>   | 29.04±2.7 <sup>b,c</sup> | 29.70±4.2 <sup>b,c</sup> |
|               | 40                    | 5                              | 45.87±4.5 <sup>f,g</sup>   | 27.60±1.7 <sup>b,c</sup> | 26.34±5.0 <sup>c</sup>   |

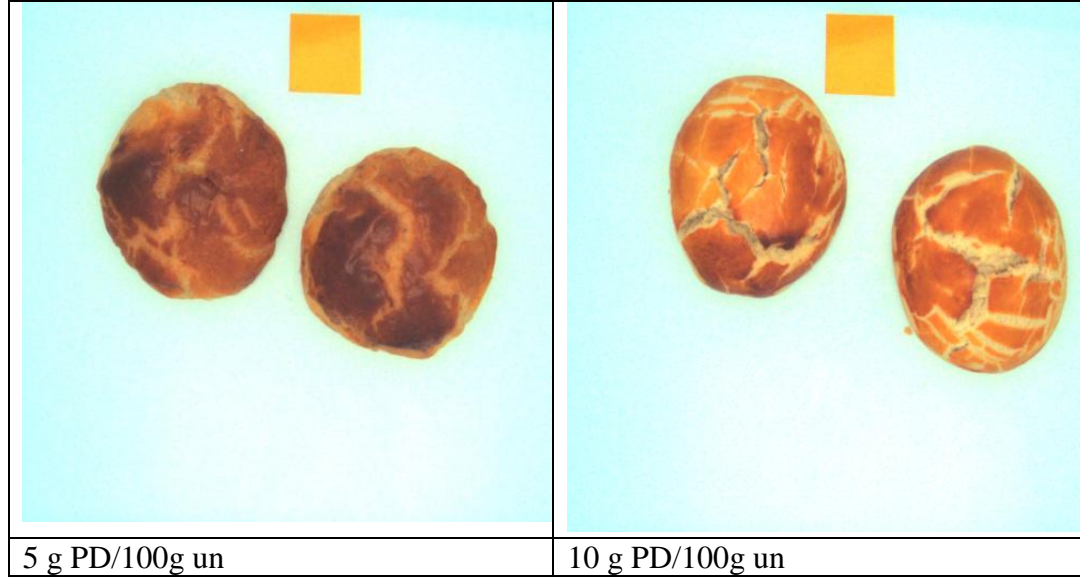
Aynı sütundaki farklı harfler, aynı sütundaki değerler arasında  $p < 0,05$  düzeyinde istatistiksel olarak farklılık olduğunu ifade etmektedir.



Şekil 4.2. Yağı %20 oranında azaltılmış ve inülin ile ikame edilmiş poğaç örnekleri

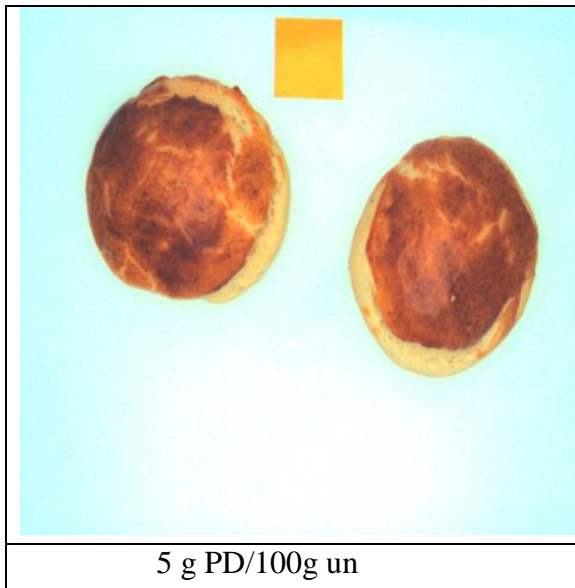
Bunun nedeni ikame miktarının artmasıyla, hamurda yapışkanlık artmıştır. Yeterince viskoelastik özellik gösteremeyen yapışkan hamur, fermentasyon aşamasında yapıda oluşan gaz kabarcıklarını tutamamıştır ve dolayısı ile bu aşamada kabarma gerçekleşmemiştir. Düşük hacimli hamurlar pişme aşamasında birden kabarmıştır. Ancak bu sıcaklıkta yüzeyde bulunan yumurta denatüre olduğu için kabuk oluşumu hızlanmıştır. Bu şekilde kabaran poğaçta örneğinde hem çatlaklar meydana gelmiş hem de yumurta denatüre olduğu için yüzey alana düşen miktarı azalmış ve bu da pişme sonucunda rengin daha parlak görünmesine neden olmuştur. Diğer yağ ikamelerinde de aynı şekilde 5 g eklenen formülasyonlar kontrolle aynı parlaklık değerini verirken daha fazla eklenenler yüzeyde oluşan çatlaklar nedeniyle kontrolden belirgin düzeyde farklılıklar göstermektedir ( $p>0,05$ ).

Şekil 4.3'te yağı %20 oranında azaltılmış ve PD ile ikame edilmiş poğaç örneklerinde ikame miktarı arttıkça meydana gelen renk değişimi görülmektedir. İnülin ile ikame edilen örneklere benzer olarak ikame miktarı arttıkça, parlaklık değerinin arttığı görülmektedir ( $p>0,05$ ). Bunun nedeni yukarıda da bahsedildiği gibi, ikame miktarının artmasıyla hamur viskoelastik özelliklerinin kaybetmektedir ve fermentasyon aşamasında üründe oluşan gazı yapısında tutamadığı için, pişme aşamasında üründe çatlaklar meydana gelmiştir.

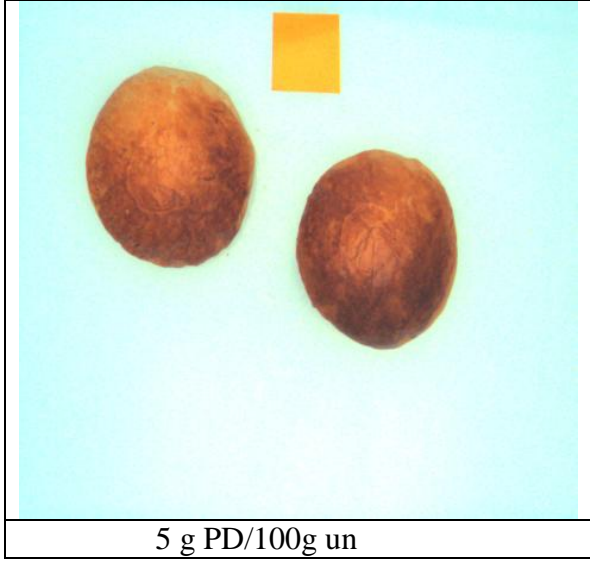


Şekil 4.3. Yağı %20 oranında azaltılmış ve polidekstroz ile ikame edilmiş poğaçı örnekleri

Şekil 4.4’de ve şekil 4.5’de yağı %30 ve %40 oranında azaltılmış ve PD ile ikame edilmiş poğaçı örneklerinde meydana gelen renk değişimleri görülmektedir. Şekilde görüldüğü gibi, iki örneğin parlaklık değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık yoktur. Bu iki örnek kontrol örnekle kıyaslandığında parlaklık değerlerinin kontrole göre daha yüksek olduğu olduğu saptanmıştır ( $p < 0,05$ ).

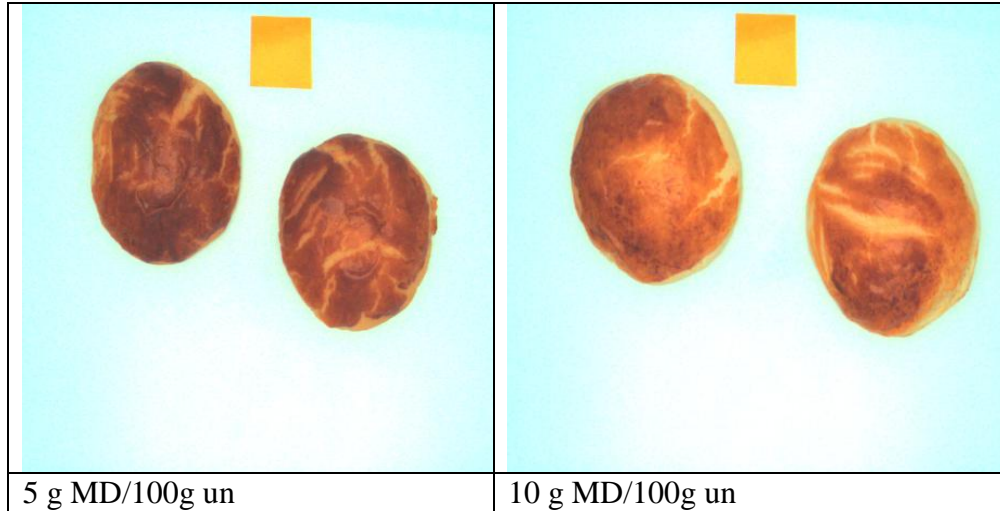


Şekil 4.4. Yağı %30 oranında azaltılmış ve polidekstroz ile ikame edilmiş poğaçı örneği



Şekil 4.5. Yağı %40 oranında azaltılmış ve polidekstroz ile ikame edilmiş poğaçaya örneği

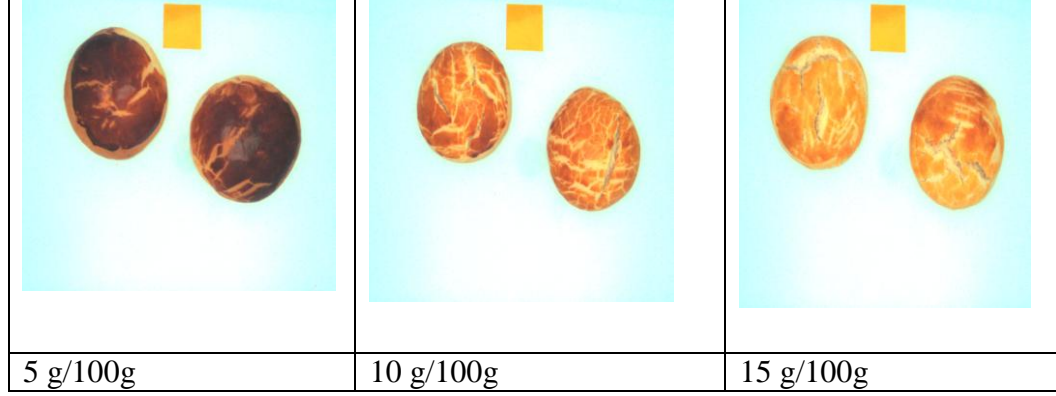
Şekil 4.6'da yağı %20 oranında azaltılmış ve MD ile ikame edilmiş poğaçaya örneklerinde meydana gelen renk değişimleri görülmektedir. Bu örneklerde de ikame miktarı arttıkça parlaklık değerinin arttığı görülmüştür ( $p<0,05$ ).



Şekil 4.6. Yağı %20 oranında azaltılmış ve maltodekstrin ile ikame edilmiş poğaçaya örneği

Şekil 4.7'de yağı %30 oranında azaltılmış ve MD ile ikame edilmiş poğaçaya örneklerinde meydana gelen renk değişimleri görülmektedir. Örnekler

arasında 5 g MD eklenen örnek kontrolle benzer parlaklık özelliği göstermiştir ( $p>0,05$ ). Ancak ikame miktarının artmasıyla beraber, yüzeyde çatlaklar oluşmuş ve parlaklık değeri artmıştır ( $p<0,05$ ).



Şekil 4.7. Yağı %30 oranında azaltılmış ve maltodekstrin ile ikame edilmiş poğaçaya örneği

Sudha ve ark., yaptıkları bir çalışmada, kekta yağı %60, %70 ve %80 oranında azaltıp yerine MD ile ikame etmişleridir. Yaptıkları bu çalışma sonucunda %80 oranında yağı azaltılmış kek örneklerinde esmerleşme reaksiyonu sonucunda soluk kahverengi bir kabuk rengi gözlemişlerdir. Literatürde yapılan diğer çalışmalarda da benzer sonuçlar gözlenmiştir. Yağı azaltılmış poğaçaya örneklerinde ise tam tersine yağ miktarı azaldıkça ve ikame miktarı arttıkça kabuk rengi gittikçe parlaklaşmıştır. Bunun nedeni ikame miktarının artmasıyla, hamurda yapışkanlık artmıştır. Yeterince viskoelastik özellik gösteremeyen yapışkan hamur, fermentasyon aşamasında yapıda oluşan gaz kabarcıklarını tutamamıştır ve dolayısı ile bu aşamada kabarma gerçekleşmemiştir. Düşük hacimli hamurlar pişme aşamasında birden kabarmıştır. Ancak bu sıcaklıkta yüzeyde bulunan yumurta denatüre olduğu için kabuk oluşumu hızlanmıştır. Bu şekilde kabaran poğaçaya örneğinde hem çatlaklar meydana gelmiş hem de yumurta denatüre olduğu için yüzey alana düşen miktarı azalmış ve bu da pişme sonucunda rengin daha parlak görünmesine neden olmuştur.

#### 4.3.3.2. Poğaçaya Örneklerinin İç Kesit Görüntüsü

Poğaçaya örneklerinin iç kesit görüntüsü ile ilgili bulgular Çizelge 4.13'te verilmiştir. Yağı azaltılmış ve 5 g herhangi bir ikame eklenen poğaçaya örneklerinin iç kesit görüntülerinin parlaklık değerleri ile kontrol örneğinin değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık bulunmamıştır. Diğer formülasyonların parlaklık değerleri ise kontrol örneğinden daha yüksek olma eğilimindedir ( $p<0,05$ ). İç kesit yoğunluğunun artması ve dolayısı ile daha az hava kabarcığı bulunması parlaklığın daha yüksek olmasına neden olduğu düşünülmektedir.

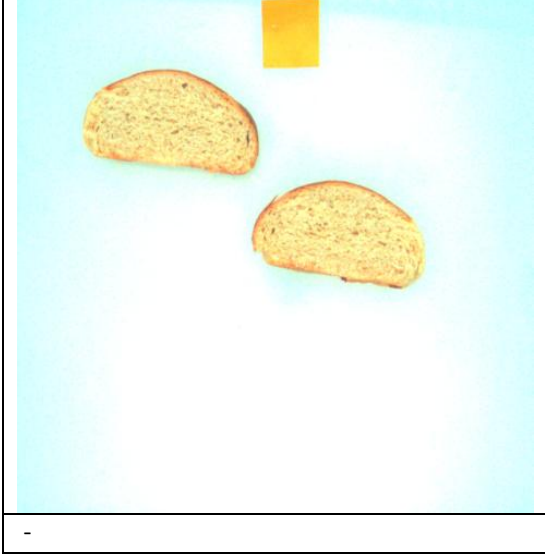
Çizelge 4.13. Kontrol örneğin ve yağı azaltılmış poğaçaya örneklerinin iç kesit renk analizi

|               | Yağ azaltma oranı (%) | Yağ ikame miktarı (g/100 g un) | L*                         | a*                       | b*                       |
|---------------|-----------------------|--------------------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|
|               | Kontrol               | 0                              | 78,12±2,9 <sup>d,e</sup>   | 6,54±1,9 <sup>c,d</sup>  | 31,17±1,4 <sup>a,b</sup> |
| İnülin        | 20                    | 5                              | 76,13±2,2 <sup>e</sup>     | 7,33±0,8 <sup>b,c</sup>  | 31,26±1,3 <sup>a,b</sup> |
|               |                       | 10                             | 82,00±0,4 <sup>b,c</sup>   | 4,71±0,4 <sup>d,e</sup>  | 32,30±0,5 <sup>b</sup>   |
| Maltodekstrin | 20                    | 5                              | 79,92±1,6 <sup>c,d</sup>   | 7,14±0,9 <sup>b,c</sup>  | 31,27±1,5 <sup>a,b</sup> |
|               |                       | 10                             | 81,61±1,3 <sup>b,c</sup>   | 3,57±1,1 <sup>e,f</sup>  | 32,60±2,8 <sup>b</sup>   |
|               | 30                    | 5                              | 80,80±1,9 <sup>c,d</sup>   | 4,16±1,2 <sup>e</sup>    | 29,43±1,5 <sup>a</sup>   |
|               |                       | 10                             | 80,62±2,2 <sup>c,d</sup>   | 5,6±2,7 <sup>c,d,e</sup> | 29,64±0,9 <sup>a</sup>   |
|               |                       | 15                             | 83,81±2,5 <sup>2b</sup>    | 1,67±2,2 <sup>f</sup>    | 31,80±0,8 <sup>b</sup>   |
|               | Polidekstroz          | 20                             | 5                          | 75,65±2,9 <sup>e</sup>   | 11,39±1,5 <sup>a</sup>   |
| 10            |                       |                                | 76,44±3,4 <sup>e</sup>     | 8,75±2,3 <sup>b</sup>    | 31,26±2,4 <sup>a,b</sup> |
| 30            |                       | 5                              | 81,01±2,4 <sup>b,c,d</sup> | 3,9±1,8 <sup>e</sup>     | 31,04±0,8 <sup>a,b</sup> |
| 40            |                       | 5                              | 80,76±1,9 <sup>c,d</sup>   | 3,8±1,2 <sup>e</sup>     | 31,17±1,2 <sup>a,b</sup> |

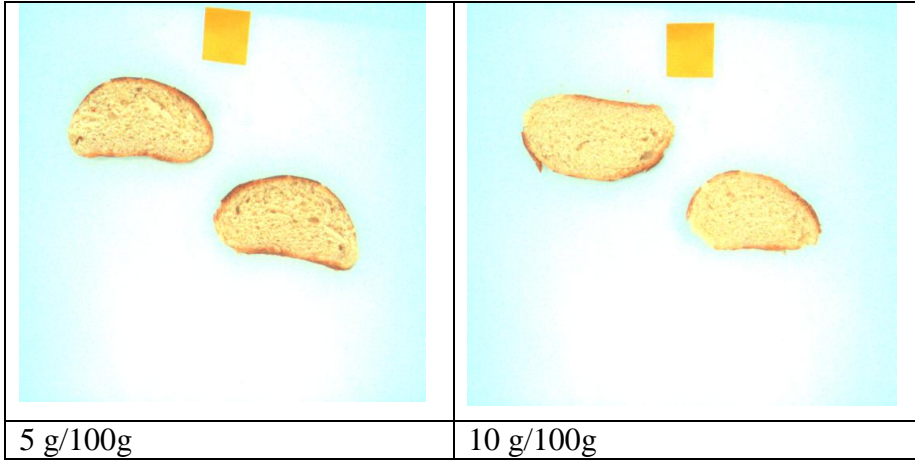
Aynı sütundaki farklı harfler, aynı sütundaki değerler arasında  $p<0,05$  düzeyinde istatistiksel olarak farklılık olduğunu ifade etmektedir.

Yağı azaltılmış poğaçaya örneklerinin iç kesit görüntülerinin b (sarılık) değerleri ile kontrol örnek arasında istatistiksel olarak bir farklılık bulunmamıştır.

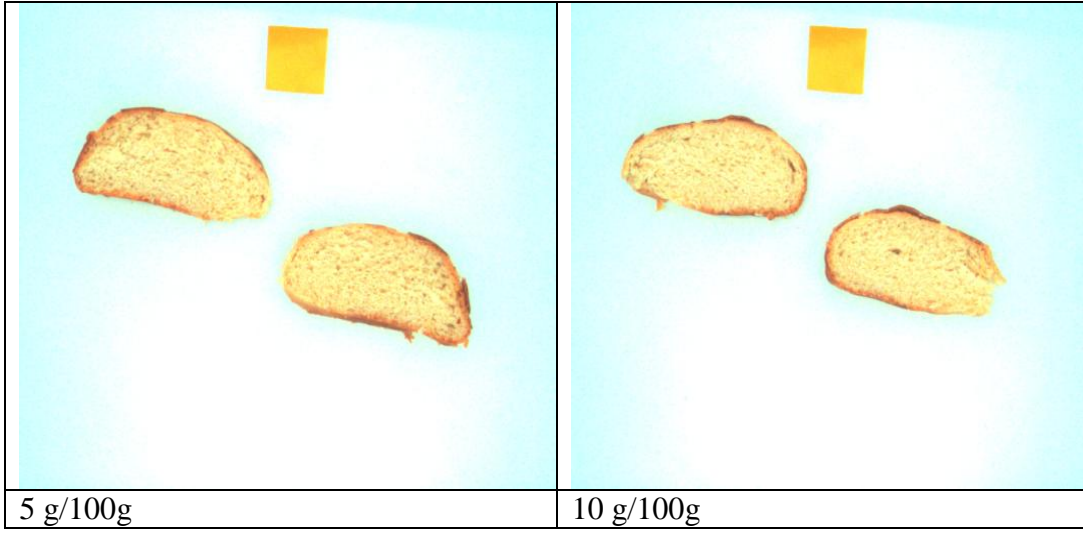
Yağı azaltılmış poğaçı örneklerinin iç kesit görüntüleri ile kontrol örneğinin iç kesit görüntüsü arasındaki benzerlik şekiller de gösterilmiştir.



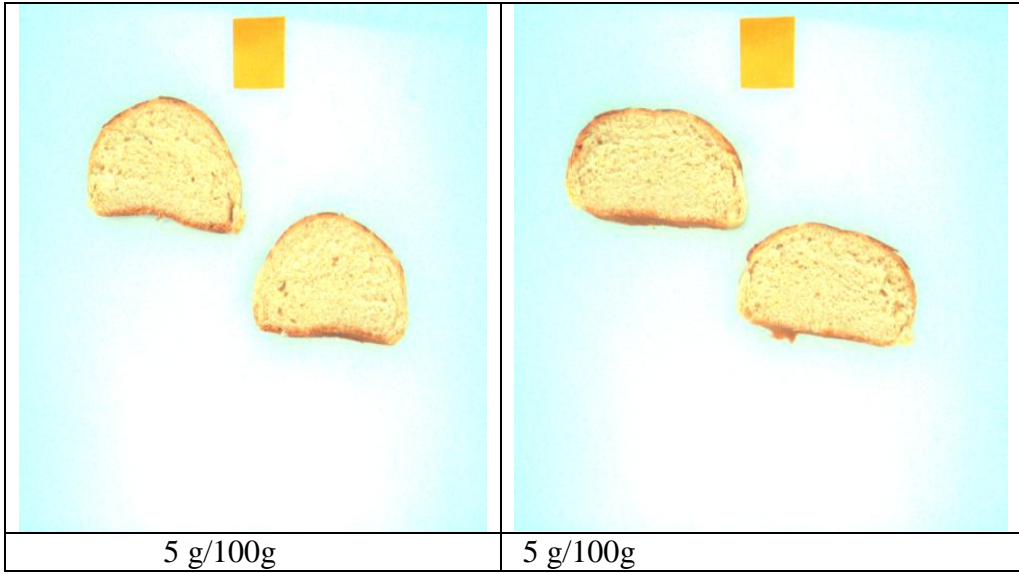
Şekil 4.8. Kontrol örneğinin iç kesit görüntüsü



Şekil 4.9. Yağı % 20 oranında azaltılmış ve inülin ile ikame edilmiş poğaçı örneklerinin iç kesit görüntüsü

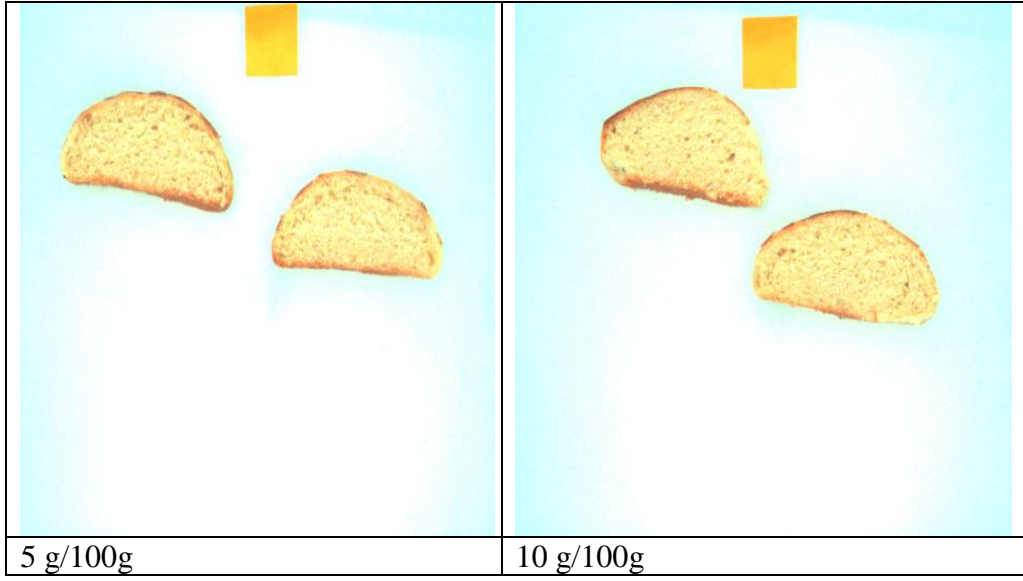


Şekil 4.10. Yağı % 20 oranında azaltılmış ve polidekstroz ile ikame edilmiş poğaçaya iç kesit görüntüsü

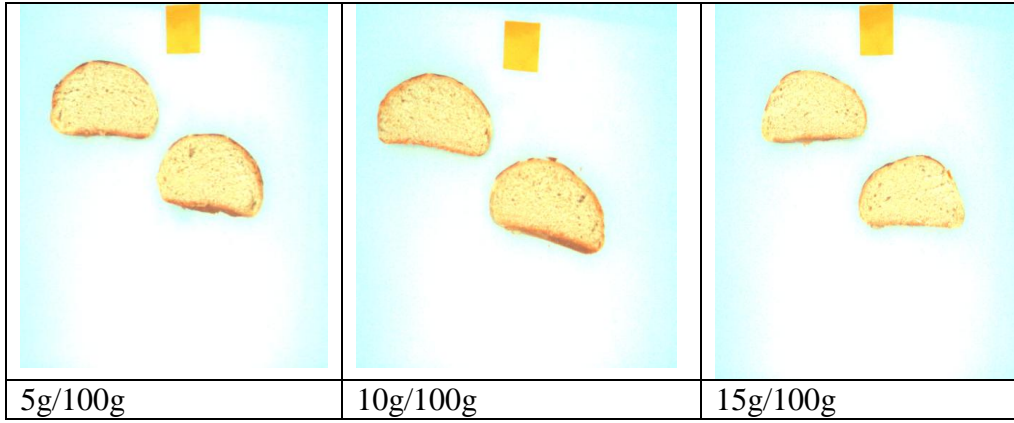


Şekil 4.11. Yağı %30 ve %40 oranında azaltılmış ve polidekstroz ile ikame edilmiş poğaçaya örneklerinin iç kesit görüntüsü





Şekil 4.12. Yağı % 20 oranında azaltılmış ve maltodekstrin ile ikame edilmiş poğaç örneklerinin iç kesit görüntüsü



Şekil 4.13. Yağı % 30 oranında azaltılmış ve maltodekstrin ile ikame edilmiş poğaç örneklerinin iç kesit görüntüsü

#### 4.3.4. Poğaç Örneklerinin Nem İçeriği ve Hacim Özellikleri

Çizelge 4.14'te kontrol örneğin ve yağı azaltılmış poğaç örneklerinin nem değerleri verilmiştir. Çizelge 4.14'ten elde edilen sonuçlara göre, formülasyolardaki yağ miktarındaki azalma oranının nem değerleri üzerine bir etkisi olmadığı görülmüştür ( $p>0,05$ ). İnülin ile ikame edilen örneklerde inülin miktarının artmasıyla nem değerinin düştüğü görülmüştür ( $p<0,05$ ). MD ve PD ile

ikame edilen örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır.

Çizelge 4.14. Kontrol örneğin ve yağı azaltılmış poğaç örneklerinin nem analizi

|        | Yağ azaltma oranı (%) | Yağ ikame miktarı | Poğaç örneklerinin nem analizi (%) |
|--------|-----------------------|-------------------|------------------------------------|
| İnülün | kontrol               | 0                 | 23,23±0.5 <sup>c,d</sup>           |
|        | 20                    | 5                 | 24,07±0.8 <sup>a,b,c</sup>         |
|        |                       | 10                | 21,35±1.0 <sup>e</sup>             |
| MD     | 20                    | 5                 | 23,07±0.2 <sup>d</sup>             |
|        |                       | 10                | 24,00±0.8 <sup>a,b,c,d</sup>       |
|        | 30                    | 5                 | 24,85±0.8 <sup>a</sup>             |
|        |                       | 10                | 24,16±0.7 <sup>a,b,c</sup>         |
|        |                       | 15                | 24,09±0.4 <sup>a,b,c</sup>         |
| PD     | 20                    | 5                 | 23,65±0.7 <sup>d</sup>             |
|        |                       | 10                | 23,11±1.0 <sup>d</sup>             |
|        | 30                    | 5                 | 23,91±0.4 <sup>a,b,c,d</sup>       |
|        |                       | 5                 | 24,27±0.6 <sup>a,b</sup>           |

Aynı sütundaki farklı harfler, aynı sütundaki değerler arasında p<0,05 düzeyinde istatistiksel olarak farklılık olduğunu ifade etmektedir. (MD: Maltodekstrin, PD: Polidekstroz)

Çizelge 4.15'te kontrol örnekte ve yağı azaltılmış poğaç örneklerinde yapılan hacim analizi sonuçları verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre yağ ikame miktarı arttıkça hacimde azalma görülmüştür (p<0,05). Formülasyonlara eklenen ikame maddeleri, miktarları arttıkça, eklendikleri örneğin hacminde düşüşe neden olmuşlardır. Bu düşüşün nedeninin, ürünün fermentasyon aşamasında oluşan gaz kabarcıklarını tutamamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Hamurun gaz kabarcıklarını yapısında tutabilmesi için yeterli viskoelastik özelliklere sahip olması gerekmektedir. Hamurun viskoelastik özellikleri ise su protein içeriğine bağlıdır. İkame miktarı arttıkça hamur daha yapışkan hale gelmiş ve viskoelastik özelliklerini kaybetmiştir. Dolayısı ile fermentasyon aşamasında gaz kabarcıklarını yapısında tutamadığı için, ikame miktarının artmasıyla birlikte hacim düşüşü gözlenmiştir [Ghodke, 2009]. Örnekler arasında en az miktarda ikame eklenen örneklerin hacmi ile kontrol örneğin hacmi arasında istatistiksel

olarak önemli bir farklılık bulunmamıştır. Ayrıca yağ miktarı azaldıkça hacmin de azaldığı görülmüştür. Yağın azalması, üründe oluşan hava kabarcığı miktarını azaltmakta, dolayısı ile hacimde azalmaya neden olmaktadır [Stevens ve Meriggi, 2001].

Çizelge 4.15. Kontrol örneğin ve yağı azaltılmış poğaçta örneklerinin hacim analizi

| Yağ İkame Türü | Yağ azaltma oranı (%) | Yağ ikame miktarı (g/100g) | Hacim (cm <sup>3</sup> )     |
|----------------|-----------------------|----------------------------|------------------------------|
|                | Kontrol               | 0                          | 156,67±9,5 <sup>a</sup>      |
| İnülin         | 20                    | 5                          | 146,00±11,9 <sup>a,b,c</sup> |
|                |                       | 10                         | 116,17±7,6 <sup>d</sup>      |
| Maltodekstrin  | 20                    | 5                          | 139,00±11,6 <sup>b,c</sup>   |
|                |                       | 10                         | 113,67±14,4 <sup>d</sup>     |
|                | 30                    | 5                          | 153,3±16,4 <sup>a,b</sup>    |
|                |                       | 10                         | 136,83±12,4 <sup>c</sup>     |
|                |                       | 15                         | 120,00±5,8 <sup>d</sup>      |
| Polidekstroz   | 20                    | 5                          | 155,67±8,3 <sup>a</sup>      |
|                |                       | 10                         | 114,17±20,1 <sup>d</sup>     |
|                | 30                    | 5                          | 134,5±9,1 <sup>c</sup>       |
|                | 40                    | 5                          | 148,83±12,2 <sup>a,b,c</sup> |

Aynı sütundaki farklı harfler, aynı sütundaki değerler arasında p<0,05 düzeyinde istatistiksel olarak farklılık olduğunu ifade etmektedir.

Yağ ikame maddesi eklenmesiyle unlu mamül hacminde düşüş meydana geldiği daha önceki çalışmalarda da belirtilmektedir. Koçer ve ark. kek formulasyonunda yağı %25 oranında azaltıp yerine eşit miktarda polidekstroz ile ikame etmişlerdir. Polidekstrozun, kekin ve kek hamurunun kalite karakteristikleri üzerine etkilerini incelemişlerdir. Yaptıkları bu çalışma sonucunda, %20 seviyesinde yağ ikamesi kullanılan örneklerde gözenek ve hacim yoğunluğunda önemli farklılıklar gözlenmezken, ikame seviyesi arttıkça hacimde düşüş meydana

geldiğini saptamışlardır. Bu durumu polidekstrozun amorf yapısının hava-su iç yüzey stabilizasyonunu koruyamadığını ve hava kabarcıklarının zamanından önce bozulmasına neden olması olarak ifade etmişlerdir [Koçer ve Hiçşmaz, 2007].

Zoulias ve ark., bisküvinin yağını %11,5, %23 ve %35 oranlarında azaltıp ikame maddesi olarak PD, MD ve  $\beta$ -glukan kullanmışlardır. Yağ ikame maddelerinin, bisküvi örneklerinin fiziksel, tekstürel ve duyuşal özellikleri üzerine etkilerini incelemişlerdir. Yaptıkları bu çalışma sonucunda, MD kullanılan örneklerde kontrole göre önemli bir hacim düşüşü olduğunu saptamışlardır. Bu hacim azalmasının hamurun elastik özelliğini kaybetmesinden kaynaklandığını ifade etmişlerdir [Zoulias ve Oreopoulou, 2010]. Bu çalışmada da yağı azaltılmış ve MD ile ikame edilmiş poğaçta örneklerinde MD miktarı arttıkça benzer şekilde hacimde düşüş meydana gelmiştir.

Zoulikha ve ark., muffin formülasyonunda yağı % 50, %75 ve % 100 oranlarında azaltıp, inülin ile ikame etmişlerdir. İnülinin, muffinin fırıncılık, tekstür ve duyuşal karakteristikleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Yaptıkları bu çalışma sonucunda, inülin miktarı arttıkça hacmin düştüğünü saptamışlardır. Yağın azalmasının, üründe oluşan hava kabarcığı miktarını azalttığını ve dolayısı ile hacimde azalmaya neden olduğunu ifade etmişlerdir [Zoulikha ve Jean-Marie].

## 5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, 100 g un bazında 50 g yağ içeren poğaçanın yağı %20, %30 ve %40 olmak üzere üç farklı oranda azaltılmıştır. Belirli oranlarda yağı azaltılan bu formülasyonlara, g/100g un bazında 5 g, 10 g ve 15 g olmak üzere farklı miktarlarda inülin, maltodekstrin, polidekstroz yağ ikame maddeleri eklenmiştir. Yağ içeriğinde meydana gelen azalma ve eklenen yağ ikame maddesi miktarının bu formülasyonlardan elde edilen poğaçı hamurunun yapışkanlığı ve uzayabilme özelliklerine ve ayrıca pişmiş poğaçı örneklerinin kalite kriterlerine etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla yağı azaltılmış ve yağ ikame maddesi eklenmiş hamur örneklerinde reolojik analizler, pişmiş poğaçı örneklerinde ise duyuşal, tekstürel ve fizikokimyasal analizler yapılmıştır.

İstatistiksel analizler sonucu elde edilen verilere göre farklı düzeylerde yağı azaltılan poğaçı örneklerinden duyuşal ve kalite özellikleri açısından kontrol örneğine en yakın formülasyonun yağı %30 azaltılmış ve ikame maddesi olarak maltodekstrin eklenmiş örnekler olduğu belirlenmiştir. Bunun yanında inülin eklenmiş örneklerde duyuşal testte beğenilmiştir. Ancak tekstür analizinde, yağı ne kadar azaltılırsa azaltılsın, formülasyonda inülin miktarı arttıkça, poğaçı örneklerinin tekstürel özelliklerinin önemli ölçüde olumsuz etkilendiğı görülmüştür.

Formülasyonda yağ azaldıkça poğaçanın duyuşal, tekstürel ve fiziksel özellikleri önemli ölçüde olumsuz yönde etkilenmiştir. Yağı % 40 oranında azaltılan formülasyonlarda 5 g/100g un polidekstroz eklenen örnek dışında, diğere bütün formülasyonlar, duyuşal test kriterlerinden düşük puan almıştır. Ayrıca yağı %40 oranında azaltılan örneğın sertlik değereeri de çok yüksek çıkmıştır. Poğaçı örneklerinde yağ miktarı azaldıkça, poğaçanın yumuşak doku özelliğı kaybolmuştur. Poğaçı özellikle yumuşak olarak tercih edilen bir gıda ürünü olduğu için poğaçıada yağın %40 oranında azaltılmasının mümkün olmadığı sonucuna varılmıştır.

Sonuç olarak poğaçaya formülasyonlarında yağın %20 ve %30 oranında azaltılabileceği belirlenmiştir. Kullanılan üç çeşit yağ ikame maddesinden maltodekstrinin poğaçaya en uygun yağ ikame maddesi olduğu görülmüştür. Bu formülasyonlar arasından en çok beğeni alan ve tekstürel ve fiziksel özellikleri bakımından kontrol örneğe (geleneksel poğaçaya) en çok benzeyen formülasyonlar, yağın %30 azaltılıp, ikame olarak maltodekstrin kullanılan örnekler olmuştur. Ancak diğer ikame tiplerinin, yağı azaltılmış diğer formülasyonlarda kullanımı konusunda, su, ikame miktarı ve diğer bileşenler üzerinde değişiklikler yapılarak optimizasyonlar yapmak mümkündür. Gerekli optimizasyonlar yapıldığında diğer yağ ikame tipleri de poğaçaya ve diğer fırıncılık ürünleri için gelecek vaatmektedir.

Bu çalışmanın, poğaçaya üretimi, kalitesi ve yağ ikame maddelerinin poğaçaya üretiminde kullanılması ile ilgili ilk çalışmalardan olduğu düşünülmektedir. Gelecekte yapılacak çalışmalarda farklı yağ ikame tiplerinin poğaçada ve diğer geleneksel fırıncılık ürünlerinde kalite kriterleri üzerine etkilerinin araştırılması yararlı olacaktır. Bu çalışmanın poğaçaya ve benzeri fırıncılık ürünlerinde yağ azaltımının kaliteye etkisini ve gözlemlenen olumsuzlukların optimizasyonunu belirlemede yardımcı olabileceği düşünülmektedir.

## **KAYNAKLAR**

- AACC, “Approved Method of American Association of Cereal Chemists”, American Association of Cereal Chemists, St. Paul, Minnesota, USA, (1995).
- ADA (American Dietetic Association) Reports, “Fat Replacers”, Journal of the American Dietetic Association, 105: 266-275, (2005).
- Akoh, C. C., Fat replacers. Food Technology 52: 47–52, (1998).
- Autio,K., Laurikainen,T., “Relationships Between Flour/Dough Microstructure and Dough Handling and Baking Properties”, Food Science and Technology, 8: 181-185, (1997).
- Aykan, V., Sezgin, E., Güzel-Seydim, Z. B., “Use of fat replacers in the production of reduced-calorie vanilla ice cream”, European Journal of Lipid Science and Technology, 110: 516-520, (2008).
- Bastin,S., “Fat Replacers”, The National Academy of Science’s Diet and Health Report, College of Agriculture, University of Kentucky, (1997).
- Bollain, C., Collar, C., “Dough Viskoelastik Response of Hydrocolloid /Enzym /Surfactant Blends Assessed By Uni- and Bi-axial Extension Measurements”, Food Hydrocolloids, 18: 499-507, (2004).
- Chronakis, I.S., “On the Molecular Charasteristic, Compositional Properties, and Structura-Functional Mechanisms of Maltodextrins:A Review”, Critical Reviews in Food Science and Nutrition, Vol:38, 599-637 s., (1998).
- Dobraszczyk,B.J., Morgenstern,M.P., “Rheology and the Breadmaking Process”, Journal of Cereal Science, 38: 229-245, (2003).
- Ghodke,S.K., “Effect of Guar Gum on Dough Stickiness and Staling in Chapatti- An Indian Unleavened Flat Bread”, International Journal of Food Engineering, 5: 1-19, (2009).

- Güleç, M., Yabancı, N., Göçgeldi, E., Bakır, B., “Ankara’da iki kız öğrenci yurdunda kalan öğrencilerin beslenme alışkanlıkları”, *Gülhane Tıp Dergisi*, 50: 102-109, (2008).
- Hahn, N. I., “Replacing fat with food technology”, *Journal of the American Dietetic Association*, 97: 15-16, (1997).
- Hoseney, R.C., Smewing, J., “Instrumental Measurement of Stickiness of Doughs and Other Foods”, *Stable Micro Systems Ltd, Surrey GU7 1YL England*, (1999).
- Jeung, H.L., Casimir, C.A., “Physical Properties of Trans-Free Bakery Shortening Produced by Lipase-Catalyzed Interesterification”, *J Am Oil Chem Soc*, 85: 1-11, (2008).
- Karaca, O. B., Güven, M., Yaşar, K., Kaya, S. and Kahyaoglu, T., “The functional, rheological and sensory characteristics of ice creams with various fat replacers”, *International Journal of Dairy Technology*, 62: 93-99, (2009).
- Kavas, G., Oysun, G., Kinik, Ö., Uysal, H., “Effect of some fat replacers on chemical, physical and sensory attributes of low-fat white pickled cheese”, *Food Chemistry*, 88: 381-388, (2004).
- Khatkar, B.S., “Rheology and Chemistry of Dough”, *Post Graduate Diploma in Bakery Science and Technology, Directorate of Distance Education Guru Jambheshwar University of Science and Technology Hisar*, (2004).
- Kieffer, R., Wieser, H., Henderson, M. H., and Graveland, A., “Correlations of the breadmaking performance of wheat flour with rheological measurements on a micro-scale”, *Journal of Cereal Science*, 27(1), 53, (1998).
- Kim, H.Y.L., Yeom, H.W., Lim, H.S., Lim, S., “Replacement of Shortening in Yellow Layer Cakes by Corn Dextrins”, *Cereal Chemistry*, 78(3): 267-271, (2001).



- Koçer, D., Hiçşşmaz, Z., Bayındırlı, A., Katnaş, S., “Bubble and pore formation of the high-ratio cake formulation with polydextrose as a sugar- and fat-replacer”, *Journal of Food Engineering*, 78: 953-964, (2007).
- Kusuma, G. D., Paseephol, T., Sherkat, F., “Prebiotic and rheological effects of Jerusalem artichoke inulin in low-fat yogurt”, *Australian Journal of Dairy Technology*, 64: 159-163, (2009).
- Luzuriaga, D., Balaban, M.O., “Analyses of Visual Quality Attribute of White Shrimp by Machine Vision”, *Journal of Food Science*, 62: 1-7, (1997).
- Ohmes, R.L., Marshall, R.T., Heymann, H., “Sensory and physical properties of ice creams containing milk fat or fat replacers”, *Journal of Dairy Science*, 81, 1222-1228, (1998).
- Özbaş, Ö.Ö., Şeker, İ.T., Gökbulut, İ., “Effect of Resistant Starch, Apricot Kernel Flour, and Fiber-rich Fruit Powders on Low-Fat Cookie Quality”, *Food Science Biotechnology*, 19(4): 979-986, (2010).
- Rao, R.S.P., Manohar, R.S., Muralikrishna, G., “Functional Properties of Water-Soluble Non-Starch Polysaccharides From Rice and Ragi: Effect on Dough Characteristics and Baking Quality”, *Swiss Society of Food Science and Technology*, 40: 1678-1686, (2007).
- Ronkart, S.N., Paquot, M., Deroanne, C., Fougny, C., Besbes, S., Blecke, S.C., “Development of Gelling Properties of Inulin by Microfluidization”, *Food Hydrocolloids*, Vol:24, 318-324 s., (2010).
- Rosell, C.M., Rojas, C., Barber, B., “Influence of Hydrocolloids on Dough Rheology and Bread Quality”, *Food Hydrocolloids*, 15: 75-81, (2001).
- Sevindi, T., Yılmaz, G., İbiş, S., Yılmaz, B., “Gazi üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksek Okulu öğrencilerinin beslenme ve kahvaltı alışkanlıklarının değerlendirilmesi”, *TSA*, 3: 79-90s., (2007).
- Sezen, F., “Protein Esaslı Yağ İkame Maddesi Kullanımının Yağsız Yoğurdun Kalitesi Üzerine Etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, Süt Teknolojisi Ana Bilim Dalı, Ankara Üniversitesi, (2005).

- Singh,H., MacRitchie,F., “Application of Polymer Science to Properties of Gluten”, *Journal of Cereal Science*, 33: 231-243, (2001).
- Sudha, M.L., Srivastava, A.K., Vetrmani, R., Leelavathi, K., “Fat Replacement in Soft Dough Biscuits: Its Implications on Dough Rheology and Biscuit Quality”, *Journal of Food Engineering*, 80: 922-930, (2007).
- Stevens,C.V., Meriggi,A., Booten,K., “Chemical Modification of İnulin, a Valuable Renewable Resource, and Its Industrial Applications”, *Biomacromolecules*, Vol:2, 1-16 s., (2001).
- Swanson, R.B., Carden, L.A., Parks, S.S., “Effect of A Carbohydrate-Based Fat Substitute And Emulsifying Agents On Reduced-Fat Peanut Butter Cookies”, *Journal of Food Quality*, 22: 19-29, (1999).
- Şahin,R., “Düşük Kalorili Greyfurt Kabuğu Reçeli Eldesinde Bazı Katkı Maddelerinin Kaliteye Etkisinin İncelenmesi”, *Yüksek Lisans Tezi*, Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Bornova, İzmir, (2006).
- Şeker, I. T., Özboy-Özbas, O., Gökbulut I, Öztürk, S., and Köksel, H., “Utilization of apricot kernel flour as fat replacer in cookies”, *Journal of Food Processing and Preservation*, 34: 15-26, (2010).
- Taş, T. K., “Çeşitli yağ ikame maddelerinin ayran kalite kriterleri üzerine etkilerinin belirlenmesi”, *Yüksek Lisans Tezi*, SDÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, (2005).
- Tobin, J. T., Fitzsimons, S. M., Kelly, A. L., “Microparticulation of mixtures of whey protein and inulin”, *International Journal of Dairy Technology*, 63: 32-40, (2010).
- Ünsal, E.N., “Diyet eğitiminin hiperlipidemik hastaların beslenme Alışkanlıkları, beslenme bilgi düzeyleri ve beslenme durumuna etkisinin değerlendirilmesi”, *Gazi Üniversitesi ,Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, (2008).
- Voragen, A.G.J., “Technological Aspects of Functional Food-Related Carbohydrates”, *Trends in Food Science & Technology*, Vol:9, 328-335 s., (1998).

Yılsay, T. O., Yılmaz, L., Bayazit, A. A., “The effect of using a whey protein fat replacer on textural and sensory characteristics of low-fat vanilla ice cream”, *European Food Research and Technology*, 222: 171-175, (2006).

Zahn, S., Pepke, F., Rohm, H., “Effect of Inulin as a Fat Replacer on Texture and Sensory Properties of Muffins”, *International Journal of Food Science and Technology*(45):2531-2537, (2010).

Zoulias, EI., Oreopoulou, V., Tzia, C., “Effect of Fat Mimetics on Physical, Textural and Sensory Properties of Cookies”, *International Journal of Food Properties*, 3: 385-397, (2010).

Zoulikha, M., Jean-Marie, B., Karim, A., Christian, P., “Effect of Principal Ingredients on Rheological Behaviour of Biscuit Dough and on Quality of Biscuits”, *Journal of Food Engineering*, 35:23-42, (1998).

## ÖZGEÇMİŞ VE ESERLER LİSTESİ

**Adı-Soyadı:** Seher SERİN

**Doğum Tarihi:** 11.03.1985

**Eğitim Durumu:**

| Derece        | Bölüm/Program     | Üniversite                 | Yıl       |
|---------------|-------------------|----------------------------|-----------|
| Lisans        | Gıda Mühendisliği | Mustafa Kemal Üniversitesi | 2005-2009 |
| Yüksek Lisans | Gıda Mühendisliği | Mersin Üniversitesi        | 2009-     |

### ESERLER (Makaleler ve Bildiriler)

1. Serin, S., Sayar, S., Aksay, S., Koklamaz, E., “Effect of Carbohydrat-Based Fat Replacers on Quality Characteristics of “poğaçı”, International Food Congress: Novel Approaches in Food Industry, 26-29 Mayıs, İzmir, (2011).
2. Serin, S., Sayar, S., “The İmpact of Fat Replacers on The Stickiness and Extensibility of “poğaçı” dough”, 11 th European Young Cereal Scientists and Technologists Workshop, Universitat Autònoma de Barcelona, 9-11 Mayıs, Barcelona, (2012).